

BLOCKCHAIN APLICADA À AVIAÇÃO: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

DENIS MORAES FASSANO CESAR

Provas para a obtenção do grau de Mestre em Operações de Transportes
Aéreos

Agosto de 2020
Versão Definitiva

ISEC LISBOA - INSTITUTO SUPERIOR DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS

Escola de Aeronáutica

Provas para a obtenção do grau de Mestre em Operações de Transportes
Aéreos

**BLOCKCHAIN APLICADA À AVIAÇÃO:
UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA**

Autor: DENIS MORAES FASSANO CESAR

Orientador: NUNO MOCICA BRILHA

Agosto de 2020

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que nunca duvidaram de mim e incentivaram meus estudos desde que comecei a engatinhar em ideias mais elaboradas, em especial pela paciência de minha esposa durante esta fase para que a produção deste trabalho fosse possível, ao meu orientador que soube me guiar para a iniciativa científica e acreditar no meu potencial como aluno mestrando e aos preciosos conselhos acadêmicos do meu júri avaliador, que foram essenciais para o aperfeiçoamento desta pesquisa.

“The first step is to establish that something is possible; then probability will occur.”

“I could either watch it happen or be a part of it.”

“When something is important enough, you do it even if the odds are not in your favor.”

“Failure is an option here. If things are not failing, you are not innovating enough.”

Elon Musk

RESUMO

O sector da aviação acumula uma enorme quantidade de dados e os armazena em um repositório central, de cada fornecedor de instalações, como no caso das companhias aéreas. Se nos referirmos somente a uma operação de voo, são muitos dados relacionados a aeronaves, voos, passageiros, bagagem e logística, alimentação e toda a equipe de operações. Um único voo é um item perecível e não pode ser consumido novamente, portanto, o setor deve apostar em métodos de alto nível para proteger os dados e informações. Em vez disso, as companhias aéreas ainda estão trabalhando em repositórios centrais que funcionam nas lógicas do DBMS (*Database Management Systems*). O sector da Aviação precisa ser transparente e cauteloso sobre seus dados depois de observar o tipo de crescimento que estamos enfrentando na área de viagens. O *blockchain* pode ser uma solução transparente e segura com a informação se mantida a rede privada e fornecido o acesso ao público para verificar as informações sem alterá-las. Além disso, a criptomoeda pode ser extremamente útil para qualquer transação, como reserva de bilhetes, vendas a bordo e outras compras relacionadas das companhias aéreas. O *blockchain* pode ser construído para facilitar as operações de companhias aéreas e aeroportos e, por sua vez, resolverá vários problemas de gerenciamento de dados junto com a segurança. A presente dissertação mostrou através de uma revisão integrativa de literatura que o *blockchain* pode ser o pilar que apoiará todo o ecossistema das companhias aéreas e do relacionamento com os clientes, pois envolve tecnologia muito avançada para gerenciar e transacionar dados em vários níveis.

Palavras-Chave: Aviação; Blockchain; Revisão Integrativa da Literatura.

ABSTRACT

The aviation sector accumulates a huge amount of data and stores it in a central repository, for each facility supplier, as in the case of airlines. If we refer only to a flight operation, there is a lot of data related to aircraft, flights, passengers, baggage and logistics, food and the entire operations team. A single flight is a perishable item and cannot be consumed again, therefore, the sector must invest in high-level methods to protect data and information. Instead, airlines are still working on central repositories that work on the DBMS (Database Management Systems) logic. The Aviation sector needs to be transparent and cautious about its data after looking at the type of growth we are experiencing in the travel industry. The blockchain can be a transparent and secure solution with information if the network is kept private and provided access to the public to verify the information without changing it. In addition, cryptocurrency can be extremely useful for any transaction, such as booking tickets, onboard sales and other related airline purchases. A blockchain system can be built to facilitate the operations of airlines and airports which, in turn, will solve several data management problems along with security. The present dissertation showed through an integrative literature review that blockchain can be the pillar that will support the entire airline and customer relationship ecosystem, as it involves very advanced technology to manage and transact data at various levels.

Keywords: *Aviation; Blockchain; Integrative Literature Review.*

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	4
RESUMO	5
ABSTRACT	6
ÍNDICE DE TABELAS	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS	11
 CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	 12
 CAPÍTULO II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO	 16
2.1 Breve histórico das Criptomoedas	16
2.2. Criptomoedas e tokens	18
2.3. Conceito	19
2.4. Funcionamento	21
2.5. Desvantagens	23
2.6. A Bitcoin	25
2. 6. Blockchain	26
2.6.1. Definindo o Blockchain	26
2.6.2. Evolução Histórica	29
2.6.3. Funcionamento	31
2.6. A Segurança e o Blockchain	42
 CAPÍTULO III - APLICAÇÕES DA BLOCKCHAIN	 45
3.1. Diferentes áreas da Blockchain	45
3.2. Blockchain e Aviação	48
3.2.1. Voo, aeronave e tripulação	49
3.2.2 Reserva de bilhetes	50
3.2.3. MRO (Manutenção, Reparo e Revisão)	51
3.2.4 Sistema de Controle de Partida (DCS) e Segurança	53
3.2.4. Sistema de Gerenciamento de Bagagem	54
3.2.5. Vendas a bordo	56
 CAPÍTULO IV –REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA	 57
4.1. Métodos	57
4.2. Identificação do Tema e Seleção de Pesquisa	58

4.3. Critérios de Inclusão e Exclusão	58
4.4. Identificação dos Estudos Pré-selecionados e Selecionados	60
IDENTIFICAÇÃO	61
SELEÇÃO	61
ELEGIBILIDADE	61
INCLUÍDOS	61
4.5. Categorização dos Estudos Selecionados	61
4.6. Análise e Interpretação dos Resultados	67
4.7. Apresentação da Revisão/Síntese do Conhecimento	91
 CAPÍTULO V – CONCLUSÃO.....	 95
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	 97
ANEXOS.....	106
ANEXO I – RESULTADOS DOS CRUZAMENTOS – FONTES NÃO UTILIZADAS E UTILIZADAS	107
ANEXO II - ILUSTRAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA ESCOLHIDA.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Construção da cadeia de blocos	38
Figura 2- Tamanho do blockchain ao longo dos anos desde a sua criação.....	47
Figura 3 - Diagrama da Revisão Integrativa da Literatura	61
Figura 4 - Os termos que mais se repetiram entre os artigos selecionados	66
Figura 5 - Conexão por co-citação e referência cruzada dos autores	67
Figura 6 - Áreas que podem melhorar com a aplicação da tecnologia blockchain.....	74
Figura 7 - Aplicações da tecnologia blockchain ao setor da aviação.....	92

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Comparação entre o método tradicional e o método blockchain	42
Tabela 2 - Cruzamento de descritores nas bases de dados utilizadas	59
Tabela 3 - Critérios de Inclusão e Critérios de Exclusão	59
Tabela 4 - Processo de seleção dos artigos excluídos	60
Tabela 5- Caracterização dos artigos incluídos na revisão	62
Tabela 6 – Exposição das Publicações, Qualidade Científica e país de origem.....	64
Tabela 7- Distribuição dos anos de publicação dos artigos incluídos na revisão integrativa da literatura.....	69
Tabela 8 - Distribuição dos artigos por unidade de análise	70
Tabela 9 - Tabela de extração dos principais resultados dos artigos da Unidade de Análise I – Aplicações gerais da tecnologia blockchain ao setor da aviação.....	73
Tabela 10 - Tabela de extração dos principais resultados dos artigos da Unidade de Análise II – Tecnologia Blockchain aplicada à logística no setor da aviação	76
Tabela 11 - Extração dos objetivos, métodos e principais resultados dos artigos da Unidade de Análise III – Tecnologia Blockchain aplicada à segurança no setor da aviação.....	85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Prevalência de citação dos autores (autores sem citação não aparecem no gráfico).....	67
Gráfico 2 - Origem dos artigos, por zona do globo	68

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

O novo milénio viu nascer muitas novas tecnologias, umas com mais sucesso do que outras. A tecnologia *blockchain* foi uma das que mais atenção despertou no mundo *business*, devido às suas características e ao momento em que surgiu.

Uma das características principais desta tecnologia é que todos os membros que pertencem a uma mesma rede possuem uma visão totalmente transparente das informações encontradas nela. Para que sejam adicionadas mais informações dentro da rede deve-se verificar um consenso entre todos os membros, sendo por isso uma rede descentralizada, sendo que estas informações podem tomar a forma de contratos, transações ou ativos digitais (Nakamoto, 2008).

Devido às suas características extremamente inovadoras, a tecnologia *blockchain* capturou a imaginação de empresas de vários setores, incluindo do setor da aviação. Em contraste com as tradicionais tecnologias de partilha de dados, a tecnologia *blockchain* é consistente e durável, compartilhável, mutualizada e protegida ao nível dos elementos dos dados.

Atualmente a indústria da aviação é uma das que mais cresce¹, devido a um mundo cada vez mais globalizado, onde as distâncias estão cada vez mais curtas. O surgimento da tecnologia *blockchain* deu origem uma nova tendência de inovação tecnológica que certamente pode agregar valor a vários aspetos da própria indústria da aviação.

O uso da tecnologia *blockchain* na aviação abriu novas oportunidades na esfera da transparência, nomeadamente no que concerne à manutenção, segurança dos dados de voo e informações dos passageiros, acabando por ajudar no aumento dos níveis de eficiência e da precisão, aumentando assim a confiança dos consumidores.

¹ Dados recolhidos antes do início da pandemia COVID-19 e medidas de restrição adotadas por todas as nações.

Esta tecnologia é ainda muito recente, ainda não existem muitas aplicações práticas. No entanto, começam a surgir cada vez mais estudos acerca da grande diversidade de aplicações da tecnologia *blockchain* ao setor da aviação. Por esta razão decidiu-se realizar uma Revisão Integrativa da Literatura (RIL), com o intuito de fazer uma síntese do conhecimento e a incorporação dos resultados de estudos significativos na prática de forma a mostrar quais as principais aplicações da tecnologia *blockchain* no setor da aviação.

Prevê-se que o mercado de *blockchain* da aviação cresça de US\$ 421 milhões em 2019 para US\$ 1.394 milhões em 2025, a um CAGR (*Compound annual growth rate*, ou, taxa de crescimento anual composta) de 22,1% durante o período de previsão. A maior transparência e rastreabilidade e a experiência aprimorada dos passageiros são alguns dos principais fatores que impulsionam o crescimento do mercado de *blockchain* da aviação (Markets and Markets, 2019).

As aeronaves estacionadas no solo por um período mais longo são uma grande preocupação para a companhia aérea, uma vez que operam com uma margem de lucro limitada e, portanto, podem sofrer perdas operacionais. A visão precisa da configuração e manutenção de uma aeronave pode ajudar a reduzir custos e perdas relacionadas ao tempo de inatividade e manutenção não planejada. Assim, essas perdas podem ser evitadas aproveitando a tecnologia *blockchain* (Saltoğlu, Humaira, & İnalhan, 2016).

De acordo com os relatórios, a América do Norte é a região mais avançada em termos de adoção de tecnologia e infraestrutura. Aumentar a adoção de tecnologia por companhias aéreas e aeroportos nessa região é um dos principais fatores que afetam a taxa de crescimento dessa região. A presença dos principais *players*² do mercado e dos principais aeroportos é o principal fator que impulsiona o crescimento do mercado de *blockchain* da aviação na América do Norte.

² Alguns dos principais players do mercado de blockchain para aviação incluem Microsoft Corporation (EUA), IBM (EUA), Zamna Technologies (Reino Unido), Aeron Labs (Belize), Winding Tree (Suíça), Volantio Inc (EUA), Filamento (EUA), Infosys (Índia), Insolar Technologies (Suíça), LeewayHertz Technologies (EUA) e Moog Inc. (EUA).

Ao redor do mundo já se vê transformações em diversas empresas, por exemplo, em maio de 2018, a *EdgeVerve*, subsidiária da *Infosys Product* (indiana) anunciou um novo aplicativo baseado em *blockchain* para gerenciamento da cadeia de suprimentos como parte de sua linha de produtos. Com este lançamento do produto, a IBM fortaleceu sua posição no crescente mercado de gerenciamento de cadeia de suprimentos baseado em *blockchain*.

Em maio de 2019, a *Microsoft* fez uma parceria com o *Digital Group* da *GE Aviation* para desenvolver o *TRUEngine*, uma tecnologia *blockchain* baseada no *Microsoft Azure*, para rastrear a vida útil de cada parte da aeronave, substituindo o processo atual de documentação física (papel) que é complicado e ineficiente.

Em junho de 2019, a *14bis Supply Tracking* anunciou a disponibilidade de seu produto de gerenciamento de ativos digitais e físicos que fornece a origem de peças aeroespaciais da fábrica para o descarte. Este produto ajudou o *14bis Supply Tracking* a confrontar os principais desafios enfrentados pelos fabricantes na área da cadeia de suprimentos.

Em outubro de 2019, a *Insolar* anunciou uma parceria com a *Microsoft*, *Oracle* e agências nacionais de inovação da Suíça, Reino Unido e Alemanha. A parceria com a *Microsoft* e a *Oracle* foi para a integração da plataforma *Insolar* com seus respectivos serviços de nuvem, *Azure* e *Oracle Cloud*. Com essa parceria, a *Insolar* expandiu sua presença na região europeia.

Em novembro de 2019, a companhia aérea alemã *Hahn Air* tornou-se a primeira transportadora a emitir um bilhete habilitado pela tecnologia *blockchain* fornecida pela plataforma de distribuição de viagens de código aberto *Winding Tree*. Usando a plataforma, a *Hahn Air* pode listar inventário, gerenciar solicitações de reserva e receber pagamentos assim que o processo de reserva estivesse concluído.

Face ao exposto, a presente dissertação teve como pergunta de partida: Qual o aporte teórico-científico disponível para explicar o fenômeno do *blockchain* aplicado à aviação.

Para cumprir os objetivos, esta encontra-se dividida em duas grandes partes: o capítulo referente ao enquadramento teórico e o capítulo referente à metodologia da RIL. No enquadramento teórico serão apresentados os principais conceitos referentes à temática do trabalho, nomeadamente a explicação da tecnologia *blockchain*, o seu funcionamento, vantagens e desvantagens, aplicações, entre outros assuntos. Já no capítulo da metodologia, será apresentado o protocolo da presente RIL, assim como os resultados que se vão obtendo ao analisar os artigos selecionados para este trabalho. Por fim será a apresentada a conclusão, onde se teceram as considerações finais.

CAPÍTULO II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1 Breve histórico das Criptomoedas

Tudo começou nos anos 90, quando o criptógrafo americano David Chaum criou o que era considerado como o primeiro tipo de dinheiro on-line na Holanda: DigiCash. Ele criou o DigiCash como uma extensão de um algoritmo de criptografia considerado popular durante esse período, o RSA (Rivest-Shamir-Adleman, sistema de criptografia). A tecnologia que ele criou, juntamente com seu produto eCash, conseguiu gerar muita atenção da mídia (Narayanan et al., 2016).

Tornou-se tão popular que a *Microsoft Corporation* tentou comprar o DigiCash por US\$ 180 milhões com a intenção de colocar em todos os computadores do mundo que rodavam no sistema operacional Windows. Um dos pontos cruciais, foi a rejeição por Chaum e sua empresa da oferta de US\$ 180 milhões da Microsoft e ganhar do De Nederlandsche Bank (Banco Central da Holanda), que era o principal banco de autoridade monetária. Esse erro levou ao desaparecimento do DigiCash em 1998, quando a empresa faliu. A segunda geração de dinheiro na Internet nasceu das experiências de aprendizado do DigiCash (Narayanan et al., 2016).

As empresas dessa geração criaram soluções alternativas de pagamento e sistemas monetários que também eram baseados na Internet, mas com mudanças pequenas, mas importantes. Destas empresas, o vencedor foi o PayPal. O motivo pelo qual o PayPal superou sua concorrência foi sua capacidade de oferecer aos usuários o que eles realmente queriam em primeiro lugar, que era dinheiro nas plataformas de navegadores da web os quais eles já estavam familiarizados (Perset, 2010).

O PayPal - diferentemente de seus pares da época - foi capaz de dar aos usuários a capacidade de transferir dinheiro para comerciantes e compradores, respetivamente, usando um sistema de transferência de dinheiro ponto a ponto (p2p, ou peer to peer).

O enorme sucesso do PayPal foi muito óbvio pelo fato de que, além de cartões de crédito, é o meio mais popular para realizar transações on-line (Perset, 2010).

O sucesso do PayPal levou outras empresas a emulá-lo. Um dos sistemas que tentaram seguir o mesmo caminho do PayPal foi o e-Gold. Ao contrário do PayPal, sua principal moeda era o ouro, ou seja, recebia ouro físico como depósitos de seus usuários e, em troca, emitia e-Gold ou créditos em ouro. O E-Gold conseguiu gerenciar uma quantidade relativamente saudável de transações usando ouro. Mas devido à prevalência de golpes fraudulentos de investimento, o e-Gold foi fechado (Barkatullah & Timo Hanke, 2015).

O próximo evento significativo na história das criptomoedas é a crise das hipotecas *subprime* de 2008 que quase paralisou o sistema financeiro dos Estados Unidos e afetou muitas das principais instituições financeiras. Este evento serviu como uma espécie de alerta para muitas das principais economias do mundo e levou ao surgimento do que hoje é conhecido popularmente como *blockchain*, que é a base das criptomoedas hoje como as conhecemos (Barkatullah & Timo Hanke, 2015).

Em 2009, uma pessoa anônima (ou grupo) que seguiu a identidade de Satoshi Nakamoto publicou um *whitepaper* que expunha, entre outras coisas, o código fonte, a tecnologia e o conceito do que agora é chamado de *blockchain*. E junto com o *blockchain*, ele lançou o avô de todas as criptomoedas como as conhecemos: o Bitcoin. O *blockchain*, embora não seja uma tecnologia revolucionária, disruptiva ou incremental, foi considerada fundamental. Pois foi criada para - e ainda funciona - servir de base para outras tecnologias de armazenamento de dados em rede serem construídas (Griffith, 2014).

O *blockchain* naturalmente desafia todos os protocolos de gerenciamento de dados on-line convencionais da época, que incluíam a centralização de dados. Hoje, existem mais de 16 milhões de unidades de Bitcoin que circulam na área financeira do sistema digital e estes têm uma capitalização de mercado total de cerca de US\$ 50 bilhões. Mais importante, o Bitcoin já está recebendo crescente aceitação e suporte de TI iguais. Como parte de sua integração gradual ao *mainstream* financeiro, alguns países poderosos economicamente como a Austrália, Canadá e o Japão já começaram a regular Bitcoins através de medidas tributárias e legais (Griffith, 2014).

Desde 2009, o crescimento da popularidade do *blockchain* e das Bitcoins aumentou. Essa onda em popularidade, deu origem a outras criptomoedas, chamadas *altcoins* ou moedas alternativas para Bitcoin. Hoje, existem mais de 850 criptomoedas no sistema financeiro digital sendo transacionadas internacionalmente, que incluem Ethereum (Ether), Ripple, Litecoin, Monero e Stratis (Antonopoulos, 2014).

E se combinarmos a capitalização de mercado total de todas as *altcoins* com a do Bitcoin, o resultado excederia US\$ 100 bilhões. Devido à expansão maciça, parece que as criptomoedas têm criado uma indústria inteiramente nova e global. Por causa dos enormes avanços na tecnologia *blockchain*, como evidenciado pelo crescimento do número de criptomoedas no mercado hoje, aplicativos recém-desenvolvidos que forem criados com a tecnologia *blockchain* usarão naturalmente as criptomoedas (Antonopoulos, 2014).

E à medida que mais e mais plataformas de trocas de criptomoedas começam a surgir, mais e mais pessoas poderão usar aplicativos baseados em *blockchain*, que por sua vez fazem crescer ainda mais.

2.2. Criptomoedas e tokens

As criptomoedas são as moedas base das blockchains. Éter é a moeda da blockchain pública Ethereum, e Bitcoin é a moeda da Blockchain pública Bitcoin (destacando assim uma fonte de confusão devido à sobrecarga de terminologia). O respectivo blockchain mantém o controle da propriedade de porções dessa moeda. A soma do dinheiro não é alterada por essas transações, mas a propriedade de partes dele. As taxas para inclusão de transações são pagas na moeda base de uma blockchain, embora o cliente possa optar por oferecer uma taxa de 0 (normalmente reduzindo a velocidade e / ou probabilidade de inclusão) (Gohwong, 2018).

As taxas geralmente se relacionam ao tamanho de uma transação, não ao seu valor: mais dados (incluindo grandes contratos inteligentes a serem implantados) incorrem em mais honorários. Da mesma forma, cálculos mais complexos como resultado de invocações de contratos inteligentes incorrem em taxas mais altas. Transferências de

0,01 Éter incorrem nas mesmas taxas que as transferências de 100 Éter (Gohwong, 2018).

Os tokens digitais podem ser criados e trocados em blockchains. Geralmente os tokens são criados usando contratos inteligentes. Semelhante a uma criptomoeda, cada token é controlado por um ator na blockchain. Os tokens podem representar ações de uma empresa, o direito de se beneficiar de ganhos futuros, ou talvez ouro virtual em um jogo online. O uso de tokens se espalhou e os tokens podem ser vistos como o primeiro 'aplicativo matador' utilizando o blockchain para outras coisas que não a criptomoeda (Gohwong, 2018).

2.3. Conceito

O termo “criptomoeda” é utilizado para designar todas as formas de pagamento digitais emitidas por uma rede de computadores (P2P), depois da resolução de problemas matemáticos e de equações complexas, em vez de serem criadas pelos tradicionais organismos licenciados dentro de um ambiente controlado. A estas equações matemáticas dá-se o nome de criptografia, criada durante a II Guerra Mundial, uma vez que, por razões óbvias, existia uma necessidade de comunicação segura.

Neste sentido aparecem várias definições de criptomoedas, sendo que todas seguem as mesmas linhas gerais. Por exemplo, Ahamd, Nair & Varghese (2013) definem as criptomoedas como sendo uma moeda digital dependente de criptografia, geralmente acompanhada de um esquema de prova-trabalho, de modo a criar e gerir a moeda, utilizando uma rede descentralizada P2P, que, trabalhando em sincronia cria e verifica transações de transferência dessa moeda dentro da rede.

Outra definição é avançada por Wiatr (2014), onde o autor realça o carácter moderno de troca digital que a criptomoeda apresenta, sendo considerada uma nova ferramenta descentralizada, limitada e um sistema de pagamento P2P, sem que seja necessário o envolvimento de uma terceira parte. Este autor continua e refere que a maioria das

criptomoedas é criada para introduzir novas unidades de moeda, cujo valor é limitado, sendo que todas as moedas recorrem ao uso da criptografia de chave-pública.

Já Ametrano (2016) refere que as criptomoedas podem ser transferidas de forma instantânea e com segurança entre duas partes, recorrendo à infraestrutura fornecida pela internet e com elementos de segurança criptográfica, sem que exista a necessidade de se encontrar envolvida uma terceira parte, sendo que o seu valor não é suportado por nenhum governo ou organização.

A ideia de uma moeda virtual sem qualquer tipo de interferência do sistema financeiro tradicional foi extremamente bem-recebida, uma vez que o impacto da crise e os resgates milionários que impuseram grandes níveis de austeridade junto dos cidadãos, fizeram com que se disseminassem o descontentamento com o modo como a economia tinha sido conduzida até então, com as políticas fiscais e com a gestão monetária (Ametrano, 2016).

Atualmente existem mais de 1000 tipos de criptomoedas, sendo que a bitcoin é a mais conhecida. As criptomoedas existentes na atualidade possuem, geralmente, as seguintes características (Turpin, 2014; Walton, 2014):

1. Um esquema de ligação e transferência de dados P2P, sendo, por isso, descentralizado por natureza (apesar de existirem algumas exceções como é o caso das criptomoedas desenvolvidas a nível nacional);
2. Uma quantidade total finita e fixa de moedas que podem ser geradas ou fornecidas (influenciando o preço e a disponibilidade);
3. Incorporação de um livro público (geralmente recorrendo à tecnologia blockchain) ou um banco de dados que armazena os registos das transações e transferências de moedas, evitando assim o dobro dos gastos;
4. A apresentação de um algoritmo computacional ou uma “prova de trabalho” que verifique a integridade do blockchain e dos blocos consecutivos que contenham

dados de transação. Na maioria dos casos, a energia computacional é fornecida pelos “mineiros” de rede (*data minning*). Devido à quantidade finita de moedas em circulação no que toca à maioria das criptomoedas, o algoritmo aumenta em dificuldade e potencia computacional, necessária de acordo com a quantidade moedas extraídas;

5. Utilização de algum tipo de criptografia (geralmente criptografia de chave pública e privada) para que seja realizado um armazenamento seguro.

2.4. Funcionamento

Como se pode observar, a ideia principal por trás das criptomoedas foi fornecer um modo rápido de transferir fundos ao nível global, com o mínimo de custos de transação e com um bom nível de privacidade, uma vez que o remetente e o destinatário das transações são anónimos, enquanto que são independentes de terceiros para lidar com essas transações. As transações realizadas com as criptomoedas são irreversíveis. Assim, o destinatário dos fundos tem a certeza de que é o dono destes para sempre, ou seja, quando o destinatário receber os fundos, estes não podem ser reclamados de volta. Como o sistema é descentralizado e o dinheiro existe apenas virtualmente, é necessário um sistema para acompanhar o proprietário legítimo da moeda digital, impedindo que os fundos sejam gastos duas vezes (Nakamoto, 2008)

As criptomoedas funcionam através de um sistema eletrónico de moeda descentralizado que não necessita de qualquer tipo de autoridade central para a emissão da moeda, para liquidação, validação de transações, recorrendo ao uso da criptografia, considerada como um conjunto de regras que visa codificar a informação para que só o emissor e o recetor consigam decifrá-la., garantindo assim o funcionamento correto de toda a rede bitcoin (Reid & Harrigan, 2011).

Uma transação de criptomoedas típica inclui, aproximadamente, cinco entidades (Bryans, 2014):

1. Um remetente que inicia a transação na rede;
2. Um recetor que vai aceitar as criptomoedas;
3. Os mineradores vão atuar como processadores e intermediários da transação, completando blocos, muitas vezes a uma taxa nominal;
4. A equipa de desenvolvimento de criptomoedas que atualiza a base do código da divisa consoante a necessidade verificada;
5. Trocas de moeda, que facilitam a conversão de criptomoedas noutras moedas e vice-versa.

Os utilizadores das criptomoedas podem-nas transferir do mesmo modo que transferem as moedas tradicionais, podendo fazer todas as operações a elas associadas, como é o caso da compra e venda de produtos e serviços, enviar dinheiro a outras pessoas, organizações ou empresas, no entanto, com a facilidade de quem envia um e-mail (Reid & Harrigan, 2011).

Para que uma pessoa comece a utilizar criptomoedas apenas tem de fazer o download da aplicação para o telemóvel ou para o computador e criar uma carteira online num site da especialidade. No momento do registo é facultado ao utilizador duas passwords, uma privada e outra pública, sendo que a privada serve para autenticar as transações a publica para localizar as transações.

As criptomoedas adquirem-se em sites de cambio, como é o caso do *Coinbase*, caixas de multibanco ou através de um processo criptográfico denominado de *mining*, consistindo num método que garante a introdução de novas criptomoedas no mercado assim como autentifica todas as transações relacionadas com esta moeda virtual, sendo que o que é valorizado na criptomoeda são as suas propriedades matemáticas em comparação com as propriedades químicas e físicas, como por exemplo no ouro (Nakamoto, 2008).

Assim, qualquer utilizador da internet com conhecimentos para tal pode produzir criptomoedas, através de um processo de decodificação das chaves criptográficas que,

por tentativa e erro, é originado um novo bloco de transações, sendo a sua dificuldade ajustada automaticamente (Nakamoto, 2008).

2.5. Desvantagens

Apesar de ser uma tecnologia considerada segura nos seus fundamentos, apresentando inúmeras vantagens que já foram referidas, esta pode contribuir para a facilitação de atividades criminosas, como é o caso do branqueamento de capitais. O anonimato das transferências de criptomoedas e também a sua flexibilidade, são dois dos sucessos associados a esta moeda virtual que, ao mesmo tempo, traz complicações no que toca ao controlo do branqueamento de capitais.

Por não ser possível ligar um utilizador identificável a um único endereço de criptomoeda, o rastreamento da injeção, entradas e diferentes níveis de fundos franqueados, é uma tarefa praticamente impossível para as entidades que investigam este tipo de crimes. Adicionalmente, em cada nó de mineração de criptomoedas, ou seja, a cada momento em que a rede processa e recebe todas as transações, a rede vai, automaticamente, aumentar a dificuldade de completar blocos de criptomoedas, fazendo com que seja virtualmente impossível interromper a mineração e, ainda mais importante, de penetrar facilmente na rede (Bryans, 2014).

Começam também a surgir evidências que as bitcoins e outras moedas virtuais começam a ser utilizadas por grupos terroristas com o fim de financiarem as suas atividades criminosas. São vários os motivos que fazem destas moedas muito atrativas para estes grupos (assim como também para lavagem de dinheiro anteriormente referida) (Brill & Keene, 2014):

- 1 Anonimato: As bitcoins não requerem a identificação dos seus utilizadores para validarem as transações monetárias, protegendo assim a proveniência e o fim do dinheiro;

- 2 Alcance global: O sistema base das bitcoins permite que o dinheiro seja transferido de um ponto do globo a escolha para qualquer sítio do mundo, em qualquer quantidade;
- 3 Velocidade: O sistema realiza as transferências rapidamente, em segundos, diminuindo assim as hipóteses de estas serem intercetadas e bloqueadas;
- 4 Falta de verificação: Com as bitcoins, as transações são imediatamente definitivas sem que haja a necessidade de validações adicionais para executar qualquer tipo de transação, não sendo possível revertê-la.
- 5 Baixo custo de uso: As taxas cobradas para grandes e pequenas transações são muito baixas;
- 6 Relativa facilidade de utilização: Qualquer pessoa pode usar, mesmo aquelas que não possuam grandes conhecimentos ao nível tecnológico, podendo as transações serem realizadas num computador, tablet ou smartphone.
- 7 Dificuldade de rastreio por parte das autoridades: Devido ao anonimato e ao sistema criptográfico, as transações são muito difíceis de rastrear;
- 8 Upgrades no que toca ao anonimato e à segurança: o sistema vai-se atualizando automaticamente no que se refere às camadas de anonimato e de segurança, fazendo o combate contra o terrorismo muito mais difícil.

É fácil perceber o porquê destas moedas virtuais serem extremamente proveitosas para as organizações criminosas, independentemente do seu fim, seja para atividades terroristas, para lavagem de dinheiro ou para outras atividades ilícitas. No que concerne a regulação e à supervisão destas moedas virtuais, nomeadamente da bitcoin, devido à sua própria natureza, a sua emissão, venda e compra, não se encontra regulada nem supervisionada.

O Banco de Portugal sentiu a necessidade de emitir uma comunicação como forma de esclarecimento devido ao grande boom das moedas virtuais, referindo que Bitcoin não possui qualquer tipo de enquadramento legal específico e devido ao facto de a sua criação ser descentralizada torna-se muito difícil definir a sua jurisdição.

Na mesma comunicação, o Banco de Portugal refere que nem ele nem o Banco Central Europeu supervisionam a atividade de emissão ou utilização de bitcoins, o que faz com que estas sejam atividades não sujeitas a qualquer tipo de supervisão prudencial ou comportamental em Portugal ou na Europa (Banco de Portugal, 2013).

2.6. A Bitcoin

No universo das criptomoedas, a Bitcoin é a mais famosa, a mais utilizada e a mais referenciada, justificando-se um subcapítulo só para esta criptomoeda. A novidade e o êxito da Bitcoin têm origem no facto da sua distribuição não estar dependente de uma autoridade central que regule a sua emissão, que aceite ou negue transações. No caso da Bitcoin, são os nós que pertencem à rede que vão tomar essas decisões.

As transações em Bitcoins dizem respeito a estruturas de dados assinadas digitalmente que alteram o proprietário das unidades de Bitcoins, alterando-lhes a direção ou o proprietário. A estrutura dos dados de uma transação relativa às Bitcoins é constituída por vários componentes, nomeadamente as entradas, saídas, *hash* de transação, assinatura digital, chave pública do emissor, total de entradas, total de saídas, bloqueio e versão, que serão explicadas com mais pormenores já de seguida (Koshi, Koshi & McDaniel, 2014):

- 1 Entradas: Dizem respeito aos registos que referenciam os fundos de transições anteriores. Estas encontram-se assinadas digitalmente por quem paga, sendo este processo necessário, porém suficiente para quem quer desbloquear os fundos transferidos. O tamanho das entradas é variável;
- 2 Saídas: Registos que determinam o novo ou os novos proprietários das Bitcoins transferidas. Estas saídas são utilizadas como entradas de transações próximas sendo que o seu tamanho pode variar;
- 3 Hash de transação: diz respeito ao resumo de toda a estrutura dos dados;

- 4 Assinatura digital do emissor: diz respeito a encriptação do hash da transação com a chave privada do emissor;
- 5 Chave pública do emissor: é adicionada com o intuito de verificar a assinatura digital, quando a transação chega a um nó na rede que a deve processar;
- 6 Total de entradas e saídas: diz respeito ao número que indica a quantidade de entradas e saídas que se encontram relacionadas com a transação. Cada um destes campos pode conter entre 1 a 9 bytes.
- 7 Versão: indica o número de versão da Bitcoin que foi utilizada para a transação, contendo 4 bytes;
- 8 Bloqueio: indica a data mínima em que a transação pode ser adicionada à blockchain. Se o valor indicado neste campo estiver entre zero e quinhentos inclusive, indica o número de blocos a serem adicionados à cadeia de bloqueio antes de adicionar esta transação. Se o valor for maior do que quinhentos, este é interpretado como sendo um prazo final.

2. 6. Blockchain

2.6.1. Definindo o Blockchain

Antes de aprofundar nos detalhes históricos, primeiro serão definidos os principais conceitos. O blockchain mantém uma razão e implementa um tipo específico de tecnologia de contabilidade distribuída (Bashir, 2018).

Definição 1 (Ledger distribuído ou registro distribuído): Um ledger distribuído é apenas um armazenamento de transações anexo que é distribuído por várias máquinas. Ser 'somente anexado' é importante: novas transações podem ser adicionadas, mas as transações antigas não podem ser excluídas ou modificadas. Uma nova transação pode reverter uma transação anterior, mas ambas permanecem parte do livro razão para

permitir auditabilidade e garantir integridade duradoura. Definimos o conceito de uma blockchain da seguinte maneira.

Definição 2 (Blockchain): Um blockchain é um livro distribuído estruturado em uma lista vinculada de blocos. Cada bloco contém um conjunto ordenado de transações. As soluções típicas usam hashes criptográficos para proteger o link contra um bloco para o seu antecessor.

Definição 3 (Sistema Blockchain): Um sistema blockchain consiste em: (i) uma rede de máquinas blockchain, também chamadas de nós; (ii) uma estrutura de dados de blockchain, para o qual é replicado em toda a rede blockchain. Os nós que mantêm uma réplica completa dessa razão são referidos como nós completos; (iii) um protocolo de rede que define direitos, responsabilidades e meios de comunicação, verificação, validação e consenso entre os nós na rede. Isso inclui garantir autorização e autenticação de novas transações, mecanismos para acrescentar novos blocos, incentivo de mecanismos (se necessário) e aspectos semelhantes. Os mais conhecidos blockchains são Bitcoin e Ethereum, que são blockchains públicos.

Definição 4 (Blockchain público): Um blockchain público é um sistema blockchain com as seguintes características:

- (i) possui uma rede aberta onde os nós podem entrar e sair como quiserem sem exigir permissão de ninguém;
- (ii) todos os nós completos da rede podem verificar cada novo dado adicionado a estrutura de dados, incluindo blocos, transações e efeitos de transações; e
- (iii) seu protocolo inclui um mecanismo de incentivo que visa garantir a operação correta do sistema blockchain, incluindo transações válidas que são processadas e incluídas na razão em que transações inválidas são rejeitadas.

As blockchains públicas geralmente são sistemas ponto a ponto sem líder abertos que gerenciam a propriedade de ativos de valor. Exemplos de tais ativos nos blockchains Bitcoin e Ethereum são criptomoedas Bitcoin (BTC) , Ether (ETH) e tokens digitais. Em uma blockchain pública, não há um alto grau de confiança nas informações de outros

nós. Portanto, todos os nós completos verificam tudo, para reduzir o risco de violações de integridade que comprometam o valor de seu próprio trabalho. Enquanto isso leva a uma redundância na computação através da rede, é uma consequência direta da comunidade de nós salvaguardando coletivamente a integridade do blockchain (Bashir, 2018).

Em outras configurações, por exemplo, dentro de uma grande empresa ou em um consórcio de empresas, todos os nós de blockchain podem ser conhecidos e governados por outros mecanismos organizacionais ou contratuais. Esses aplicativos podem ser atendidos adotando uma premissa de confiança mais relaxada. Por fim, definimos o termo plataforma blockchain, que se refere ao software usado para executar uma blockchain (Bashir, 2018).

Definição 5 (Plataforma Blockchain): Uma plataforma blockchain é a tecnologia necessária para operar uma blockchain. Isso inclui o software cliente blockchain para processar nós, o armazenamento de dados local para nós e quaisquer clientes alternativos para acessar a rede blockchain. Observe que qualquer plataforma blockchain deve ter um software cliente com o qual nós de processamento podem operar a rede, inclusive para propagação de transações e criação de bloco. Clientes light podem existir adicionalmente, por exemplo, para permitir que dispositivos móveis leiam e gravem transações na rede; estes normalmente não contêm uma cópia completa da estrutura de dados da blockchain. Clientes alternativos, tanto para processamento quanto para nós, pode existir, principalmente se o protocolo for bem especificado (Bashir, 2018).

As transações armazenadas em uma blockchain podem ser mais do que simples registros de troca de ativos - sistemas emergentes de blockchain também permitem que programas de computador armazenem e executem como parte das transações na razão. Estes são frequentemente chamados 'contratos inteligentes', embora os programas normalmente não sejam muito inteligentes e sejam frequentemente não relacionados a contratos legais (Christidis & Devetsikiotis, 2016).

Definição 6 (Contrato Inteligente): Os contratos inteligentes são programas implantados como dados no livro-razão da blockchain e executados em transações na blockchain.

Eles podem manter e transferir ativos digitais gerenciados pela blockchain e podem invocar outros contratos inteligentes armazenados na blockchain. O código do contrato inteligente é determinístico e imutável uma vez implantado. A blockchain Bitcoin permite apenas formas muito simples de contratos inteligentes, mas outras blockchains como o Ethereum permitem que programas de computador sejam gravados em uma linguagem 'Turing complete', que é, a princípio, tão expressiva quanto qualquer outra linguagem de programação de uso geral.

Como resultado, blockchains podem ser mais do que um simples banco de dados distribuído - eles podem ser plataformas computacionais gerais - embora atualmente com severas limitações práticas na complexidade computacional. Essa capacidade expande significativamente o poder dos sistemas blockchain e aumenta sua variedade de uso e potencial de inovação (Christidis & Devetsikiotis, 2016).

Contratos inteligentes podem ser usados para administrar a propriedade dos ativos representados pela criptomoeda blockchain ou por implementações de token digital usando um contrato inteligente. Embora nem sempre sejam usados para contratos legais, às vezes podem ser usados para automatizar ou monitorar a execução de partes desses contratos (Christidis & Devetsikiotis, 2016).

Contratos inteligentes também podem implementar jogos, apostas ou loterias. Eles também podem definir um protocolo de interação entre diferentes partes, como em um processo de negócios colaborativo entre empresas e pode suportar muitos outros casos de uso (Christidis & Devetsikiotis, 2016).

2.6.2. Evolução Histórica

O primeiro fator que contribuiu para o aparecimento da tecnologia *Blockchain* foi, na década de 70 do século XX, a criação das bases de dados. Na era que ficou conhecida como “Big Iron”, todas as grandes organizações, como era o caso da IBM pagavam avultadas somas a outras organizações por grandes bases de dados onde colocavam os seus dados mais valiosos. A linguagem SQL (*Structured Query Language*, ou Linguagem de Consulta Estruturada), característica da maior parte dos sistemas de gestão de

conteúdos web, foi originalmente criada para unidades de fita de armazenamento de dados.

Nos anos seguintes, o esforço de incluir o mundo real em bases de dados foi desenvolvendo vários tipos de abstrações, como é o caso da web semântica e da gestão de conhecimento, entre muitas outras tecnologias. Apesar de nem todas terem tido sucesso, grande parte do conhecimento e de informações do mundo foram compiladas em bases de dados.

O segundo fator na base do aparecimento da tecnologia *Blockchain* foi o aparecimento revolucionário da web pela mão de Tim Berners-Lee, no final dos anos 80, tendo esta disseminado por todo o globo, entrando-se na época da rede de computadores, onde vários protocolos como a Email e a Usenet forneciam uma interface ao utilizador para as primeiras ligações à internet (Evans, 2012).

No entanto, só nos anos 90 é que se começou a adotar de forma massiva os computadores em rede, no início, um conjunto de dispositivos independentes ligados a centenas de computadores numa empresa ou numa universidade. O software e o hardware para a criação de redes em todas as partes levaram à construção da rede das redes, ou seja, a Internet. Com a evolução da Internet e da tecnologia a ela associada, esta torna-se cada vez mais inteligente, mais pequena e mais barata (Evans, 2012).

Porém, os bancos de dados e as redes de computadores nunca funcionaram em pleno, ou, seja sem problemas, uma vez que nunca se encontrou um padrão que permitisse este funcionamento limpo, especialmente no que toca a interação entre bancos dados e as redes. A interação com apenas um banco de dados é, na realidade, bastante simples e faz-se através de um conjunto de formulários e aplicativos web, geralmente utilizados por todo o globo. A dificuldade reside em conseguir que os bancos de dados trabalhem em conjunto, sincronizadamente e de forma transparente, fazendo com que os bancos de dados funcionem e interajam de forma perfeita com diferentes processos em vários computadores em diferentes localizações (Evans, 2012)

Estes problemas técnicos são, geralmente, disfarçados por problemas burocráticos, mas na realidade é um trabalho muito complexo fazer com que estas duas organizações

consigam trabalhar juntas para um bem comum, causando transtornos diários aos utilizadores.

Foi no ano de 1991 que surge uma primeira solução para este problema, uma base de dados fundamentada numa cadeia de blocos segura, o *Blockchain*, recorrendo à criptografia. Esta tecnologia foi evoluindo e se transformando, até que em 1998, pela mão de *Wei Dai*, se avança uma solução descentralizada, distribuída e sincronizada de pagamentos eletrónicos baseada em criptografia de chave pública. Este primeiro trabalho é desenvolvido por vários autores, sendo que, em 2008, Satoshi Nakamoto, publica o famoso artigo em que apresenta a moeda digital Bitcoin e o seu funcionamento digital, em que se baseia no uso das cadeias de blocos para registar as transações numa rede P2P (Evans, 2012).

No dia 3 de janeiro de 2009 entra em funcionamento o protocolo Bitcoin com o primeiro programa de código aberto, permitindo a criação das primeiras criptomoedas. A partir deste momento desenvolveu-se uma rede de nós para a criação destas divisas e começou-se a utilizar a Bitcoin para pagamentos sem que exista o intermédio de nenhuma entidade reguladora, tendo este facto valorizado a Bitcoin em somas avultadas de dólares. Ao mesmo tempo, foram aparecendo outras criptomoedas tendo como base a tecnologia *blockchain*. De seguida vai-se, então, explicar com o pormenor o funcionamento desta tecnologia.

2.6.3. Funcionamento

A *World Wide Web* mudou a maneira como as pessoas interagem umas com as outras, com as empresas e com o governo. A nuvem, por outro lado, é uma tecnologia capacitadora que suporta a expansão da *World Wide Web*, mas é principalmente invisível para o consumidor. Como consumidor, não me importo se minha fonte de notícias é entregue a partir de uma plataforma em nuvem ou local. Como produtor, no

entanto, estarei preocupado com questões de produção, como confiabilidade, escalabilidade e custo (Gupta, 2017).

Os consumidores veem um impacto indireto para a nuvem, mas a interrupção é principalmente para os produtores. O blockchain nessa dicotomia é perturbador para o produtor e sua existência será indireta apenas para o consumidor. Um lugar onde o uso de blockchain atrapalha a vida dos consumidores está nos setores onde não há um sistema bancário funcionando. Um exemplo disso é o uso da ONU de blockchain para refugiados. Em locais com serviços governamentais em funcionamento, são os produtores que são potencialmente interrompidos por blockchain (Wang et al., 2019). Então, aprofundando o estudo de alguns dos casos de uso para blockchain e veja onde a interrupção pode ocorrer:

I. Cadeia de suprimentos ou *Supply chain*

O processo atual de uma cadeia de suprimentos de empresas que atravessam fronteiras internacionais é que o produtor e o consumidor concordam com um preço. O comprador fornece uma prova de fundos - por exemplo, uma carta de crédito. E o produtor produz os bens e envia os bens. Eles viajam através de várias mudanças de responsabilidade e acabam no consumidor (Francisco & Swanson, 2018).

Para ver o que se entende por mudanças de responsabilidade, considere um produtor de algodão na Austrália que venda algodão a um consumidor na Tailândia. O preço do algodão é em dólares americanos. O produtor de algodão carrega o algodão em um trem (uma mudança de responsabilidade), o trem vai para um porto onde é carregado em um navio (outra mudança de responsabilidade), o navio vai para um porto na Tailândia, onde é carregado em um caminhão (outra mudança de responsabilidade), e o caminhão vai para o consumidor onde é finalmente entregue. Neste ponto, o produtor de algodão pode descontar a carta de crédito. Dois pontos a serem mencionados. Primeiro, esse

processo leva meses, e o dólar australiano pode ter flutuado em relação ao dólar norte americano, de modo que o produtor de algodão está envolvido em especulação cambial.

Em segundo lugar, cada uma das mudanças de responsabilidade é acompanhada da inserção de informações em pelo menos um sistema de computador, se não dois. Qualquer discrepância entre os sistemas de computador deve ser reconciliada manualmente (Francisco & Swanson, 2018). Como esse processo muda utilizando blockchain? Muda de dois modos, como lê-se abaixo.

Primeiro, há apenas uma fonte de verdade - a blockchain. Todos os participantes concordaram em interagir com o blockchain. Assim, não há reconciliação necessária. Em segundo lugar, o consumidor deposita o dinheiro da compra (em dólares americanos) na blockchain, substituindo a carta de crédito. Isso permite que o produtor de algodão para receber pagamentos incrementais a cada mudança de responsabilidade (Francisco & Swanson, 2018). Este reduz o risco de flutuação da moeda para o produtor, agora, onde está a interrupção nesse cenário? Porque não há necessidade de reconciliação, os custos trabalhistas da reconciliação desaparecem.

Em segundo lugar, é difícil para os bancos lidarem com o crédito, pois envolvem muitas operações. Assim, a interrupção consiste em automatizar alguns processos que eram manuais. Mais fácil, suave e rápido - sim. Disruptivo? No mesmo sentido que a automação é perturbadora para os deslocados.

II. Prova de identidade

Atualmente, você adquire uma prova de identidade - por exemplo, carteira de motorista ou passaporte - fornecendo alguma outra prova de identidade, por exemplo, uma certidão de nascimento, para uma autoridade confiável que emite a prova de identidade. Como isso vai mudar com o blockchain? Você prova sua identidade fornecendo alguma prova de identidade - no exemplo citado da ONU que utiliza leitura

de retina - para uma autoridade confiável que insere sua identidade no blockchain. Você pode salvar esta prova de identidade em um cartão inteligente ou recuperá-la através de alguma forma de acesso (aplicativo, por exemplo) (El Haddouti & El Kettani, 2019).

O indivíduo ou sistema que está interessado em sua identidade irá recuperá-lo do blockchain, embora a pessoa ou sistema que verifica sua identidade possa estar interessado em algum atributo seu que eles possam recuperar da blockchain sem a necessidade de recuperar sua identidade. Onde está a perturbação aqui? As provas de identidade não dependem de fatores físicos. documentos como passaportes, embora eles dependam da capacidade de recuperar a prova de identidade. Você não precisará de várias formas de identificação; o blockchain será suficiente, embora isso dependa de todas as instituições que você interage com a aceitação da identificação de blockchain e com a capacidade de apenas recuperar informações relevantes para eles. (El Haddouti & El Kettani, 2019).

Disruptivo? Mais do que a cadeia de suprimentos na medida em que existe uma única fonte de identidade e atributos (El Haddouti & El Kettani, 2019). Isso vai simplificar a vida para o usuário e, novamente, substituir o pessoal envolvido na produção e verificação de documentos de identificação. Reduzirá também a incidência de falsificação de documentos de identificação.

III. Instituições financeiras

As instituições, por exemplo, bancos, devem cumprir uma variedade de regulamentos. Cada regulamento é verificado por indivíduos em alguma agência reguladora. A conformidade é verificada através de um processo de auditoria. Indivíduos da coordenação da agência reguladora com indivíduos da instituição financeira para realizar uma auditoria. Isto exige indivíduos da instituição financeira para coletar as informações relevantes (Treleaven, Brown & Yang, 2017).

Os indivíduos da agência reguladora examinarão as informações fornecidas para determinar se está em conformidade com o regulamento. Eles também realizam auditorias pontuais da fonte das informações para determinar se as informações fornecidas são, de fato, representativas dos dados que eles estão auditando. Erros e 'bandeiras vermelhas' são identificadas pelos reguladores e trabalham com representantes da instituição financeira para resolver erros e determinar processos para eliminar as 'bandeiras vermelhas'.

Como isso mudará com o blockchain? Primeiro, os auditores e a instituição financeira podem acessar os dados do blockchain com a garantia de que eles estão verificando os mesmos dados. Os auditores terão um software de extração que permitirá produzir os relatórios de que precisam sem depender da instituição financeira.

Como os auditores têm acesso em tempo real a informações atualizadas, eles podem produzir os relatórios trimestrais que eles precisam ter. Desde que o blockchain forneça uma única fonte de verdade para as informações, sistemas automatizados podem produzir os relatórios do lado regulador ou do lado da instituição financeira. Onde está a perturbação aqui? Tanto reguladores quanto instituições financeiras acham o trabalho deles simplificado. Como existe apenas uma única fonte de verdade, os erros são reduzidos. Como os auditores terão acesso em tempo real ao blockchain, o atraso na coleta das informações é reduzido. Novamente, o pessoal envolvido na produção de relatórios da instituição financeira será reduzido e o pessoal envolvido na auditoria também será reduzido (Treleaven, Brown & Yang, 2017).

Por que, então, todos os artigos populares sobre blockchain mencionam 'interrupção'? Primeiro, há a questão do que poderia ser alcançado com as tecnologias existentes. Um blockchain é uma base de dados distribuída + criptografia + imutabilidade + procedimentos armazenados (sob a forma de «contratos inteligentes»). Não há razão inerente para sistemas de bancos de dados distribuídos existentes não poderem ser estendidos para adicionar criptografia e imutabilidade como recursos.

Portanto, a interrupção consiste em substituir uma tecnologia por outra. Melhor, mais rápido, menos propensa a erros, mas não necessariamente uma mudança de vida para

qualquer um dos participantes, exceto aqueles deslocados pela economia de trabalho. Em outras palavras, para alcançar os benefícios apresentados pela blockchain, será necessário certo grau de cooperação entre instituições que ainda não foram alcançadas e que poderiam ter sido alcançadas com modificações da tecnologia existente (Nguyen, 2016). Então, por que todo o *hype* e discussão de interrupção? O Blockchain oferece a oportunidade de repensar sistemas e acordos financeiros. Esta é uma venda difícil para a alta gerência que deve assinar os custos associados a refazer os sistemas existentes.

O Blockchain é uma tecnologia digital emergente que combina criptografia, dados, mecanismos de gerenciamento, rede e incentivo para apoiar a verificação, execução e registro de transações entre as partes. Um livro-razão blockchain é uma lista ('cadeia') de grupos ('blocos') de transações. Partes que propõem uma transação podem adicioná-lo a um conjunto de transações que devem ser registradas no livro razão (Crosby et al., 2016).

Em processamento os nós no sistema blockchain realizam algumas dessas transações, verificam sua integridade e registra-os em novos blocos no livro razão. O conteúdo do registro contábil de blockchain é replicado em muitos processos distribuídos geograficamente pelos nós. Esses nós de processamento operam em conjunto no sistema blockchain, sem o controle central de qualquer terceiro, confiável e único. No entanto, o sistema blockchain assegura que todos os nós finalmente cheguem a um consenso sobre a integridade e conteúdo do livro-razão da blockchain (Drescher, 2017).

As transações entre partes como pagamentos, custódia, reconhecimento de firma, votação, registro e coordenação de processos são fundamentais nas operações do governo e indústria. Tradicionalmente, essas transações são suportadas por terceiros confiáveis, tais como agências governamentais, bancos, escritórios de advocacia, empresas de contabilidade e serviços fornecedores em setores específicos. As blockchains fornecem uma maneira diferente de apoiar essas transações. Em vez de confiar em terceiros, confiaríamos no coletivo em conjunto operando o blockchain e a correção de sua plataforma de tecnologia compartilhada (Drescher, 2017).

A tecnologia Blockchain foi originalmente usada para a moeda digital Bitcoin, mas está sendo implementada em muitas outras plataformas e usadas para muitos outros propósitos. Assim como um banco de dados tradicional, um blockchain pode, a princípio, ser usado para representar transações ou informações em qualquer tipo de domínio de aplicativo. Mas o blockchain é diferente dos bancos de dados tradicionais, e de maneiras extraordinárias. Estas diferenças afetam o design de sistemas que usam blockchain. A operação bem-sucedida de um sistema blockchain depende de vários elementos-chave, incluindo (Androulaki et al., 2018):

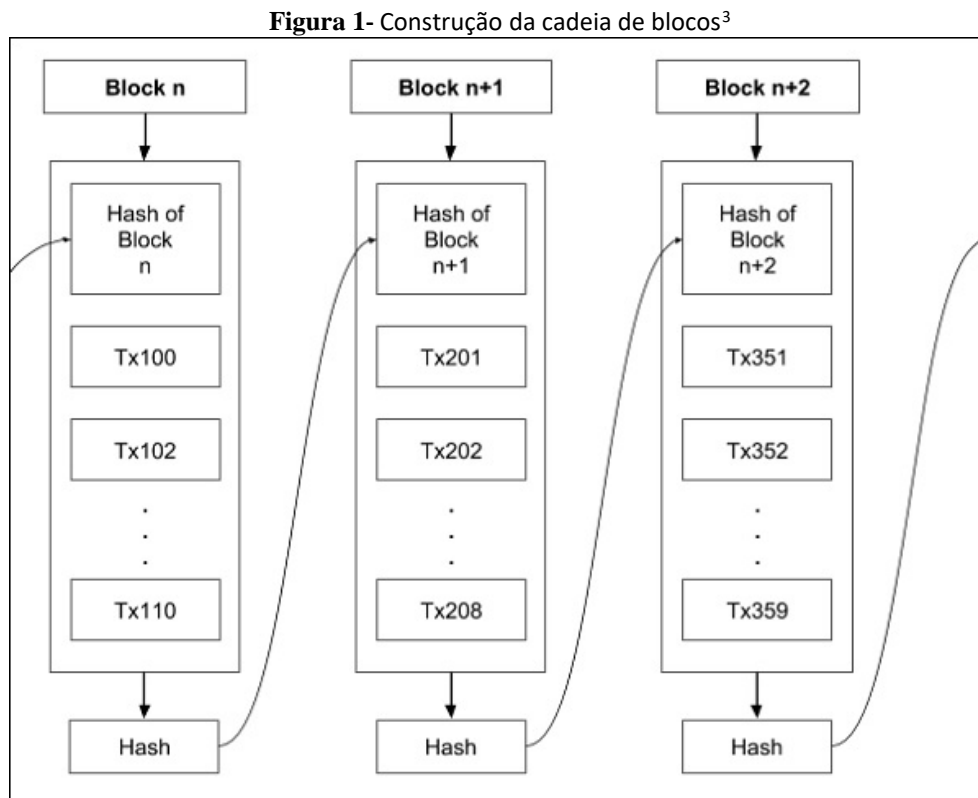
- Critérios de integridade adequados a serem verificados para cada transação e bloco.
- A correção do software e protocolos técnicos do sistema.
- Fortes mecanismos criptográficos para identificar as partes e verificar a autoridade ao adicionar novas transações;
- Um conjunto de mecanismos de incentivo para motivar os nós de processamento a participar em comunidade e se comportar honestamente, em seus interesses.

Para o engenheiro de software, o blockchain é utilizado como uma nova base para reinventar sistemas, formando uma infraestrutura neutra para processar transações e executar programas. Isso é de fundamental e de potencial interesse pela inovação em todos os pontos de contato entre organizações ou indivíduos. Como tal, os aplicativos blockchain têm o potencial de perturbar a estrutura da sociedade, indústria e governo. Também podem ser usadas como plataforma tecnológica para lidar com alguns dos problemas difíceis da replicação de dados e sincronização do estado do sistema com alta integridade. (Drescher, 2017; Androulaki et al., 2018).

Walport (2016) avalia a blockchain como uma lista criada de forma coletiva com todas as transações que foram confirmadas e validadas pela própria rede, mediante a inclusão de transações em blocos, e de estes últimos em cadeia.

Esta cadeia encontra-se difundida em toda a rede, alojada na totalidade dos utilizadores e naqueles que a integram. Quando um nó da rede consegue criar um novo bloco, tal

informação é transmitida para os restantes nós, sendo esta verificada por eles e, em caso do bloco ser válido, este é agregado na sua cadeia local, difundindo-o, não existindo possibilidade para o rejeitar. Ao disseminar o novo bloco (Walport, 2016), este vai terminar adicionado da forma como se encontra ilustrado na figura 1:



Fonte: medium.com (2019).

Um utilizador que deseja participar numa cadeia de blocos, liga-se à rede *blockchain* através de um nó. Os chamados mineiros são considerados um subconjunto de nós, já que estes devem operar num nó completamente funcional. Por isso, pode-se considerar que cada mineiro é um nó, mas nem todos os nós são mineiros. De um modo geral, um nó constituinte de uma *blockchain*, tem as seguintes funções (Walport, 2016): Ligar à rede blockchain; armazenar um livro relativo à contabilidade atualizado; passar

³ Figura disponível em <https://medium.com/@ajay7500007540/small-introduction-about-blockchain-technology-d6b4fd7e42c2>

transações válidas para a rede; validar blocos fechados recentemente, confirmando assim as transações então criar e transmitir novos blocos.

Por definição pode-se extrair o historial da posse de todas as divisas seguindo a lista das transações, através da *Blockchain*. Deste modo, o utilizador não pode reutilizar a moeda que já utilizou, uma vez que a própria rede irá rejeitar a transação. No entanto, pode-se dar o caso que existam moedas reutilizadas de modo não malicioso, por exemplo, quando existem falhas massivas de comunicação, como é o caso de interrupções na rede, ou quando são criadas grandes ramificações de *blockchain*, cada uma contendo aproximadamente metade da capacidade do sistema, acabando por convergir para um mesmo bloco. Deste modo, considera-se uma boa prática aguardar um determinado tempo para que a transação seja confirmada, ou seja, na prática, há que aguardar que a transação seja adicionada num determinado bloco para que, de seguida, sejam adicionados mais blocos na cadeia (Puthal et al., 2018).

A blockchain é mantida de forma colaborativa por pares anónimos dentro da rede, requerendo, assim, que cada bloco prove que converteu uma quantidade significativa de trabalho na sua criação, com o intuito de certificar que os pares não confiáveis que pretendam modificar os grandes blocos tenham mais trabalho que os pares honestos, que apenas desejam agrupar novos blocos à cadeia.

Assim, são duas as propriedades que garantem a criação de um blockchain forte (Garay, 2015):

1. Disponibilidade: Assegura que uma transação honesta emitida acaba sendo agregada a uma cadeia de blocos, não se verificando a negação do serviço.
2. Persistência: Quando um nó de uma determinada transação é estável, o resto dos nós, se são honestos, vão validar esta estabilidade fazendo com que este nó seja imutável.

Para que a disponibilidade seja cumprida, o sistema *blockchain* implementa uma rede de nós interligados, sendo que esses nós interagem como pares (P2P). Esta é uma rede

descentralizada, o que significa que qualquer utilizador pode contribuir (Christidis, 2016).

Outras *blockchain* utilizam o sistema nomeado de *white-list* (lista branca), em que apenas podem participar nós que se encontrem listados. Em qualquer situação, os nós que formam parte da rede P2P dispõem, cada um deles, de uma cópia da cadeia de blocos. A grande quantidade de cópias da *blockchain* faz com que esta tenha uma grande disponibilidade e, também, uma grande robustez. Particularmente, na interseção dos blocos da *blockchain*, e tendo em conta a rede P2P, é possível distinguir diferentes tipos de estados para a informação relacionada com o bloco que se encontra em processamento (Christidis, 2016): Informações candidatas a serem adicionadas: são todas as informações que um determinado nó envia para os restantes nós através da rede P2P, mas que ainda não foi validada por nenhum bloco; Informação confirmada: diz respeito a informações validadas pela rede que são adicionadas ao bloco seguinte; Informação estável: é a informação que constitui uma parte da *blockchain* e por isso é imutável.

Relativamente à propriedade de persistência, considera-se para um determinado bloco, na prática, quando existem seis blocos extraídos ao mesmo tempo, esperando-se cerca de uma hora para extrair os restantes blocos. Esta simples regra permite a garantia que uma determinada transação vai ser imutável, apresentando um risco menor do que 0,1%, supondo que algum par malicioso possa ter 10% da capacidade total de *hash* na rede (Retamal, Roig & Tapia, 2017).

A imutabilidade da *blockchain* é uma das suas características mais notáveis, talvez mesmo a mais notável. Uma vez que a informação tenha sido adicionada a base de dados e que tenha sido adicionada a alguns blocos, a probabilidade de esta ser modificada é, em termos práticos, zero.

Esta é uma prática que não tem equivalente no mundo digital ou num mundo real, apresentando várias aplicações óbvias. Por exemplo: tradicionalmente, se alguém quiser provar que é o autor de uma determinada informação, como por exemplo de uma música, de um design, de uma tecnologia terá de se dirigir a um escritório de patentes

ou direitos de autor. Ou seja, tal como se passa com as transações, uma entidade de confiança de todas as partes que oferece, basicamente, a garantia de que nada pode ser modificado nem revelado. A grande diferença é que a tecnologia *blockchain* pode substituir também este intermediário.

Neste sentido, Carmona (2018), e corroborando o que foi sendo descrito nesta revisão da literatura, sistematiza as seguintes características como sendo as principais de um processo *blockchain*:

1. Descentralização: um dos elementos diferenciadores do *Blockchain* diz respeito à contabilidade distribuída, ou seja, os registos das transações são replicadas em todas as partes da rede, sendo que cada nó possui uma cópia integral e igual do histórico da transação, o que dispensa a existência de uma localização central do sistema, fazendo com que o sistema seja mais transparente e que esteja mais protegido à destruição e adulterações das informações.
2. Imutabilidade: Os registos e a sua verificação são realizados automaticamente e de forma imediata. Uma vez feitos, os registos são irreversíveis, não podendo ser editados após a validação da transação e o do seu bloco ter sido adicionado à cadeia. Este processo permite que a alta confiabilidade associada à transação, nomeadamente no que concerne à autenticidade e à exatidão das informações nela contida.
3. Transparência e auditabilidade: Devido ao facto de todas as transações serem registadas de forma que não pode ser alterada em forma de cadeia de blocos, que por sua vez são gravadas em cópias que ficam em poder de cada parte envolvida, todos os nós constituintes da rede estão aptos a verificar o momento em que um determinado ativo foi registado na cadeia, quais foram os seus anteriores proprietários e quem é o seu proprietário atual. O facto de os registos serem públicos e as informações serem irrefutáveis, torna o sistema totalmente transparente relativamente às transações, sendo estas, também, totalmente rastreáveis.

2.6. A Segurança e o Blockchain

Como foi possível verificar, os blocos da *Blockchain*, ligam-se uns aos outros, permitindo que ativos e informação fluam e se movimente de maneira livre sem qualquer tipo de interferência. O processo requer que várias pessoas tenham a capacidade de extrair informações de modo a garantir a legalidade da transição, uma vez que a quantidade de nós existentes aumenta os níveis de segurança da operação que, ao ser descentralizada é geradora de uma maior confiança relativamente às políticas sobre os custos associados à realização de transações. Assim, o processo de geração de moedas virtuais difere muito quando comparados com a atividade bancária que, sendo um sistema centralizado, impõe várias taxas e custos associados às transições tendo em conta critérios próprios.

Ao basear a sua execução na criptografia, todo o processo inerente ao *Blockchain* está associado a um alto nível de segurança, mas não totalmente infalível como foi declarado pela Goldman Sachs (2018), que afirmou que nenhuma tecnologia garante 100% de segurança e que, quando estão em causa grandes somas de dinheiro, a quebra dessa segurança é ainda mais apetecível, desenvolvendo-se ações muito complexas de pirataria informática nesse sentido.

No *Blockchain* todos os mineiros situados num determinado bloco possuem uma cópia da cadeia, sendo que, dessa forma, eles podem identificar se existe algum tipo de manipulação, sendo por esse motivo que os membros da cadeia não se conhecem de forma a evitar situações de fraude.

Tabela 1- Comparação entre o método tradicional e o método blockchain

	Método Tradicional	Método Blockchain
Problemas na sincronização e na persistência de dados	Sim	Não
Problemas para a manutenção da integridade dos dados	Sim	Não
Problemas em alcançar uma interoperabilidade eficiente	Sim	Não
Economia nos custos pós-transação, tornando os processos mais eficientes ao nível de reconciliação de informações de contrapartes, auditores e reguladores.	Não	Sim

Os registos distribuídos permitem verificar as transações e a colaboração em nós distintos, assegurando a sua autenticidade	Não	Sim
As identidades dos utilizadores são protegidas de forma criptográfica, apesar de ser um sistema absolutamente transparente	Não	Sim
Plataforma pública, sendo que qualquer utilizador habilitado pode obter uma cópia do registo	Não	Sim
Possibilidade do intercambio entre duas partes sem o intermédio de terceiros, reduzido consideravelmente os custos de transação	Não	Sim
Melhor resposta perante ataques maliciosos uma vez que não apresenta um ponto central fraco por utilizar redes descentralizadas	Não	Sim
Os dados encontram-se amplamente disponíveis, são exatos, privados, completos e chegam sempre a tempo, melhorando a integridade dos dados a um baixo custo	Não	Sim
Os utilizadores podem controlar completamente todas as suas transações e informação associada	Não	Sim
Os utilizadores poder ter a tranquilidade de que as suas transações são executadas exatamente como está descrito no protocolo, sem necessidade de que supervisionem terceiros	Não	Sim
Qualquer modificação pode ser vista publicamente por cada parte, assegurando assim transparência, cada transação é imutável, não podendo ser eliminada ou modificada	Não	Sim
Gastos gerais reduzidos, sem custos intermédios uma vez que requer menos acompanhamento e controlo	Não	Sim

Fonte: adaptada de Tapscott & Tapscott (2018).

Por esta ordem de ideias é válido afirmar que o Blockchain é um processo ilimitado, aberto, difícil ou mesmo impossível manipulação ou fraude, de âmbito global e de

desenvolvimento contínuo. Assim, e relativamente ao método tradicional de transação pode-se fazer as seguintes comparações (Tapscott & Tapscott, 2018).

CAPÍTULO III - APLICAÇÕES DA BLOCKCHAIN

3.1. Diferentes áreas da Blockchain

Apesar da aplicação mais famosa da tecnologia *Blockchain* estar ligada a Bitcoin e a outras criptomoedas, nos últimos anos a sua utilização expandiu-se muito além deste âmbito. A primeira grande aplicação diz respeito ao sistema financeiro. Por exemplo, têm surgido sistemas híbridos, como é o caso do Banco da Inglaterra, Visa e *Deutsche Bank*, de modo a aumentar a segurança das suas transações de ativos, assim como para aumentar a transparência dos seus movimentos e operações, característica muito apreciada junto dos consumidores (Arnold, 2016; Gallen, 2015).

Também na área da administração pública, a *blockchain* tem sido cada vez mais utilizada, sendo de extrema utilidade como ferramenta de governança dos serviços públicos, sendo visto como uma tendência da contabilidade pública dos dias de hoje.

Nas telecomunicações, a tecnologia *blockchain* é também já uma realidade, sendo a sua principal utilização nos chamados contratos inteligentes. Esta tecnologia é responsável pela diminuição de custos e oferecer serviços digitais mais competitivos, sendo que as suas principais aplicações nesta área são ao nível dos processos internos, do roaming, do aprovisionamento da concetividade, da gestão da identidade e no âmbito das cidades inteligentes (Formigoni Filho, Braga & Leal, 2018).

Também a saúde é uma área que pode beneficiar com o uso da tecnologia *blockchain*. Esta pode ser aplicada no controlo de acesso e distribuição de informações sensíveis, na transparência e na auditabilidade de prestação de serviços, no cruzamento de dados, entre muitas outras situações. Ao digitalizar as informações sobre os doentes, estes podem ser transferidos mais facilmente de uma unidade de saúde para outra, sendo que o interesse neste setor é tão grande que, no início de 2016, a Philips lançou o seu próprio laboratório de pesquisa sobre a *blockchain* aplicado à saúde.

Este laboratório encontra-se a testar um processo de troca de dados verificável baseado na *blockchain*, sendo por isso um produto que permite a troca segura e rastreável entre os membros constituintes de uma rede de hospitais ou universidades. Todos os dados e informação dentro da rede são armazenados na *blockchain* juntamente com as identidades das pessoas a executar essas trocas de modo a criar um caminho auditável da informação trocada.

São vários os projetos que se encontram, de alguma forma, focados no desenvolvimento de sistemas de intercâmbios de informação de saúde e no fornecimento de dados e serviços. Entre eles, alguns encontram-se direcionados aos dados gerais de registos electrónicos de saúde, enquanto que outros especializam-se em modalidades específicas de dados, como é o caso da genética e dermatologia. Por exemplo, o Medrec, diz respeito a uma plataforma *blockchain* de código aberto para a gestão de dados gerais em saúde, tendo sido testado recentemente em colaboração com o Beth Israel Deaconess Center (Ekblaw & Azaria, 2017).

Outro projeto em desenvolvimento é o *Patientory*, constituindo-se como uma das primeiras empresas de assistência médica baseada em *blockchain*, sendo que se encontra a desenvolver um sistema de intercâmbio de informações tendo como base a sua própria *blockchain*.

Já o *Medshare* oferece uma partilha de dados baseada em *blockchain* de registos médicos electrónicos entre partes não confiáveis, através da introdução da proveniência, auditoria e rastreamento de dados médicos, recorrendo à introdução de contratos inteligentes e um sistema de controlo do acesso, afirmando que o seu sistema consegue rastrear efetivamente o comportamento dos dados e revogar o acesso a possíveis violações às regras e às permissões nas obtenções dos dados (Xia *et al.*, 2017)

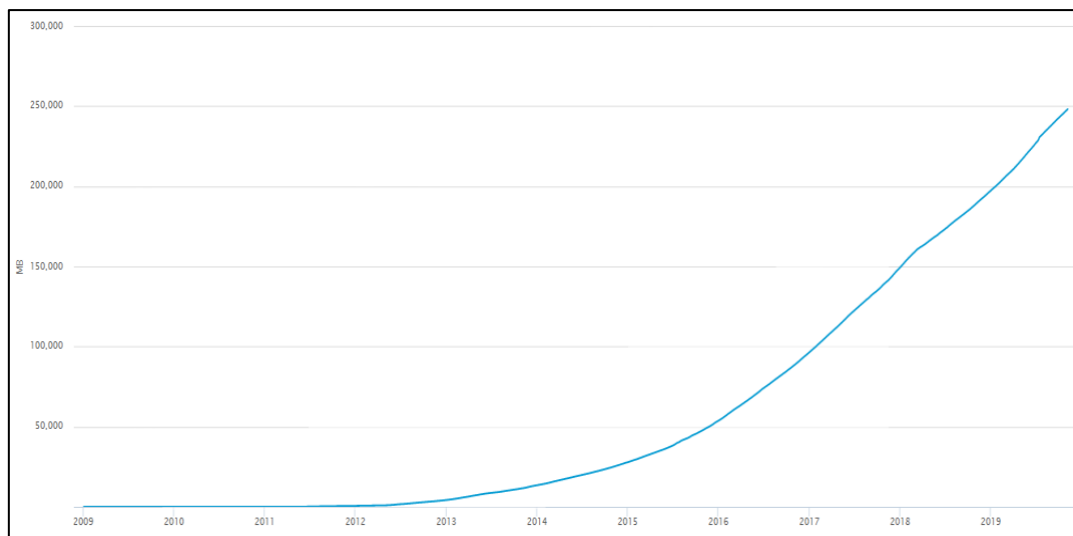
Tal como foi dito, outros projetos encontram-se direcionados para modalidades mais específicas de dados, como é o caso da genética e da imagem. Em particular a genética atraiu muito o interesse de empresários e empresas, provavelmente devido à recente popularidade do sequenciamento do genoma humano e a importância que os dados genéticos apresentam atualmente, existindo uma panóplia de possibilidades ao nível

do rendimento. Empresas genéticas como a *23andMe* e a *AncestryDNA* fazem render os seus dados genéticos, vendendo o acesso a terceiros, como é o caso de laboratórios e empresas de biotecnologia.

Várias *startups* como é o caso da *Encyptge*, da *Nebula Genomis* e da *LunaDNA* encontram-se a desenvolver uma plataforma ou uma rede de troca de dados genéticos tendo como base a blockchain. Esta tecnologia permite a redução do custo do sequenciamento do genoma, controlar melhor os dados dos utentes e partilhar o valor capturado na comercialização dos dados das pessoas.

Na área das indústrias farmacêuticas, a legitimidade, autenticidade e rastreabilidade os resultados clínicos são fundamentais, sendo que empresas como a *BlockRX* recorre a blockchain para garantir a rastreabilidade da cadeia de suprimentos. A área da educação começa, também, a despertar para esta tecnologia, sendo a segurança a principal razão para o uso desta. Por exemplo, numa instituição de ensino existem muitas informações que são sensíveis e que podem ser maliciosamente utilizadas, como por exemplo em concursos de acesso ao ensino superior ou exames.

Figura 2- Tamanho do blockchain ao longo dos anos desde a sua criação



Fonte: blockchain.com (2019).

As hipóteses da ocorrência de uma fraude na realização de um determinado exame são reduzidas para virtualmente impossíveis quando se utiliza o blockchain e os seus protocolos de uso, uma vez que os dados são partilhados de forma transparente, descentralizada, sendo que todos os pontos da cadeia são informados e atualizados em tempo real. Ao mesmo tempo, o uso da tecnologia também é uma demonstração de transparência para alunos e candidatos em relação aos procedimentos que a instituição adota em diversas situações.

Por fim, a aviação aparece como uns setores que mais pode beneficiar com a tecnologia blockchain. Sobre os seus benefícios vai ser feita uma reflexão mais profunda já no subcapítulo seguinte. A popularidade desta tecnologia pode ser facilmente comprovada na figura seguinte, indicando o tamanho do blockchain desde a sua criação em 2008, e o seu aumento exponencial de utilização, por volta do ano 2014 até aos dias de hoje:

3.2. Blockchain e Aviação

A tecnologia blockchain e os seus derivados têm apresentado impactos positivos junto da sociedade, democratizando o acesso a informações financeiras e jurídicas, reduzindo o atrito existente na economia e contornando as tradicionais organizações financeiras. Deste modo a *International Air Transport Association (IATA)*, no seu estudo “*Future of Airline Industry 2035*”, identificou o blockchain como uma das tecnologias que deverão ter mais impacto no futuro da aviação, juntamente com outros vetores de mudança, tais como os novos modos de consumo e a privatização das infraestruturas.

Tal como se referiu anteriormente o blockchain pode ser definido, em traços gerais, como um livro digital onde se realizam registos digitais de informações de modo descentralizado. Estes registos podem ser usados para conter informações financeiras, por exemplo no caso de transferência de bitcoins, ou para outras informações importantes, como por exemplo, referentes a gestão de stocks numa cadeia de logística. Por ser descentralizada e imutável, o blockchain apresenta-se como uma solução

altamente confiável para ser adotada por muitos setores, onde se inclui o setor da aviação.

O setor da aviação comercial é altamente complexo, onde se encontram envolvidas um grande número de entidades na entrega de produtos e serviços relacionados com uma viagem de avião, sendo que estes, na perspetiva do cliente, manifestam-se como um único produto. Há que referir que a partir do momento em que um indivíduo pesquisa on-line por um bilhete de avião até ao momento que chega ao seu destino, a companhia aérea é apenas uma das, aproximadamente, 26 empresas que constituem a cadeia de aviação (IATA, 2017).

Os aeroportos modernos não apenas fornecem infraestrutura para companhias aéreas, mas também servem como locais de interesse experimental para os viajantes aéreos (Brilha, 2008). São várias as aplicações da tecnologia blockchain no setor da aviação, muito por causa da sua capacidade de descentralização de informação, sendo cada vez mais popular as companhias aéreas recorrerem a esta aplicação para armazenar informações, como por exemplo os registos de voo, estado de manutenção, entre outros dados relevantes (Deshwali, 2018).

3.2.1. Voo, aeronave e tripulação

Faz parte do planeamento de qualquer companhia aérea em que um número de voo seja designado para cada setor com tipo de aeronave e nomes da tripulação. Esse processo passa por enormes mudanças que são altamente necessárias para futuramente serem rastreadas, especialmente o tipo de aeronave e nomes da tripulação. O Blockchain permite o carimbo de data / hora / local da transação junto com a verificação em uma rede privada e criando uma série (do bloco) que ajudará a companhia aérea a extrair dados a qualquer momento sem investir muito tempo e configurar várias lógicas (Verma, 2018).

Precisamos entender que o setor de aviação ou viagens também é um setor movido a dados, como muitos outros, e proteger informações é o objetivo principal de qualquer companhia aérea ou aeroporto. O Blockchain não apenas ajudará a companhia aérea a proteger suas informações, mas também apoiará as companhias aéreas na criação de vários aplicativos para seus negócios internos, como o programa de fidelidade da tripulação. Muitas companhias aéreas têm um programa de fidelidade destinado a tripulação, o que garante que esses favores sejam recompensados, dando-lhes pontos que podem ser compensados por voos, compras em outros setores ou por compensação monetária.

De acordo com a IATA (2018), outra importante utilização da tecnologia blockchain aplicada ao setor de aviação prende-se com as questões relacionadas com o “passageiro frequente”, e como os seus pontos de fidelização de utilização, contribuindo para otimizar de forma significativa, os ganhos, gastos e contabilidade relacionados com este tipo de utilização. Apesar do aumento de passageiros ser bom para as companhias aéreas, este aumento torna muito difícil a gestão destes pontos e, consequentemente, a troca dos pontos por bilhetes por parte dos passageiros, sendo que blockchain aparece como uma inovação para esta transação.

Os pontos de fidelização podem ainda ser tokenizados via blockchain, criando valor imediato para os clientes e permitindo que estes possam usá-los instantaneamente em tempo real. Além dos mais, estes tokens irão substituir o papel da moeda, permitindo que os viajantes economizem tempo e efetuem pagamentos com maior facilidade.

3.2.2 Reserva de bilhetes

Nota-se um enorme crescimento de passageiros, dia a dia. Geralmente, a reserva de passagens é feita via digital/ bancário ou cartão de crédito / cartão de débito. Os cartões de crédito / débito se tornaram o meio mais fácil para qualquer transação no mundo, mas também sabemos que a desvantagem de usar quanto aos roubos, clonagens de cartão e extravios. A criptomoeda, por outro lado, é muito mais fácil do que usar cartão de crédito ou débito e uma maneira mais segura de realizar qualquer transação. Não há

taxa de conversão cobrada se ela estiver sendo usada para a transação em qualquer lugar que não seja o país de origem uma vez que é aceita em todo o mundo com o mesmo valor. Além disso, não há impacto da inflação que geralmente é resultado do impacto da regulamentação e ações do governo (Verma, 2018).

Outra das utilizações para a tecnologia blockchain é a emissão de bilhetes via tokenização. Um ativo tokenizado diz respeito a um contrato digital, o token, sendo que este é emitido recorrendo à tecnologia blockchain, estando ligado a um documento jurídico que representa um ativo real. Deste modo, um indivíduo que possui um token é detento do ativo que o token representa (Lee, 2019).

Atualmente os bilhetes de avião são passes em formato físico (papel) ou em formato eletrónico. Implementando a tecnologia blockchain, a necessidade da utilização de bilhetes em papel pode ser totalmente eliminada, enquanto que os bilhetes eletrónicos podem ser tokenizados por meio de contratos inteligentes. Os bilhetes tokenizados apresentam sua própria lógica de negócio associado, como é o caso do processo de venda de bilhetes e a sua utilização na cadeia de valor em tempo real, de maneira eficiente e segura (Deshwali, 2018).

3.2.3. MRO (Manutenção, Reparo e Revisão)

Mais uma das utilizações do blockchain no que toca ao setor de aviação prende-se com a manutenção. Os registos de manutenção são preenchidos por diferentes entidades, nomeadamente, os fabricantes, comerciantes, prestadores de serviços e companhias aéreas, sendo partilhadas entre si. Tal processo leva muito tempo e é largamente propenso a possíveis erros, se o preenchimento de uma das partes for mal elaborado (Deshwali, 2018).

A tecnologia blockchain pode eliminar a necessidade da constituição de bases de dados complexos e passíveis de falhar, permitindo que as companhias apenas gerenciem um único registo de proveniência, sendo que este estaria instantaneamente disponível para todas as pessoas autorizadas. Com esta tecnologia, os eventos de manutenção podem

ser definidos previamente e estas informações estariam disponíveis no registo de manutenção do avião, economizando, assim, muito mais tempo e melhorando a manutenção, dando assim garantias de segurança (Deshwali, 2018).

As operações aéreas são altamente dependentes da MRO e o nível de transações que ocorrem são enormes em números e exigem precisão nos dados. É importante observar que, se houver alguma falha em qualquer transação de MRO ou dados, isso poderá levar a circunstâncias imprevistas. As operações de MRO podem ser segregadas sob várias classificações usando o Blockchain. Existem várias verificações necessárias para qualquer aeronave após um voo ou um determinado número de horas e isso exige uma quantidade precisa de dados e execução (Verma, 2018).

A tecnologia Blockchain registrará essas transações em diferentes categorias, que podem ser consultadas como procedimentos de verificação menores ou verificações principais. Além disso, também é útil conhecer o histórico de uma peça que será substituída ou anexada a qualquer aeronave. Dito isto, também é útil durante o aluguel da aeronave, pois conheceríamos o histórico de locação de uma aeronave, juntamente com as transações referentes às peças. Além disso, fornecerá transparência ao cliente, pois as informações estarão disponíveis em uma rede pública. Portanto, qualquer um pode ver as informações da aeronave desde o primeiro voo até a data e também impedirá a duplicação dos registos, o que geralmente acontece em MRO (Verma, 2018).

A tecnologia blockchain pode ainda ser utilizada para o registo de componentes. Por exemplo, as entradas de dados com código de série, data de fabrico e o número de peças de reposição disponíveis para qualquer componente específico podem ser armazenados recorrendo a esta tecnologia. Assim, sempre que se exigir, a equipa técnica pode simplesmente procurar, de forma rápida, as informações armazenadas no blockchain e tomar as medidas necessárias para reparar ou substituir a peça em causa. Isto significa que o blockchain é capaz de armazenar todas as informações relacionadas com qualquer modificação, reparação ou alteração num avião, permitindo que todas as pessoas que estejam incluídas na cadeia possam aceder às informações com facilidade, tornando-se inevitável, então, que o blockchain seja aplicado à indústria da aviação (Deshwali, 2018).

Apesar de ser uma tecnologia que ainda se encontra a dar os primeiros passos, estando a amadurecer cada vez mais, são várias as utilizações que são identificadas para o blockchain na indústria da aviação.

3.2.4 Sistema de Controle de Partida (DCS) e Segurança

A tecnologia blockchain também representa uma grande importância no que toca à segurança. Os registos de passageiros, assim como as informações da tripulação das companhias aéreas, precisam ser mantidos em segurança, pois qualquer tipo de fuga accidental de informação ou até mesmo uma situação de roubo de dados pode levar a resultados perigosos e ao uso indevido de identidades. A tecnologia blockchain, juntamente com um sistema de segurança, é capaz de criar um meio seguro para compartilhar esses dados de um modo mais confiável (Deshwali, 2018).

Atualmente, muitos aeroportos estão avançando na digitalização do processo de controle de partidas. Da entrada sem papel ao reconhecimento facial para fins de segurança, muitas ferramentas estão sendo implementadas nos aeroportos para evitar problemas longos e proporcionar uma experiência ininterrupta aos clientes.

A tecnologia Blockchain de rede privada será útil para apoiar a iniciativa, pois a disponibilidade de informações é uma de suas características. Quando os aeroportos tiverem todas as informações de um passageiro apenas digitalizando a face e a biometria, será mais conveniente para aeroportos e clientes para realizar a verificação inicial. Além disso, os sistemas de segurança podem usar a tecnologia blockchain para visualizar qualquer anomalia com qualquer passageiro ocorrido no passado, para que possa garantir a segurança do aeroporto e do voo.

No que diz respeito à gestão de identidades tanto de passageiros como de tripulações, não é raro ouvir falar em identidades falsas e documentos falsos, geralmente para a realização de atividades fraudulentas ou terroristas. Através do blockchain, esse problema pode ser solucionado, com a ajuda da biometria. Depois de uma identidade, tanto de passageiros como de tripulantes, ser validada, esta é armazenada na

blockchain, sendo virtualmente impossível alterar esta informação, uma vez que a rede é altamente protegida e descentralizada. O uso do blockchain pode também resultar na eliminação dos passaportes em papel e de possíveis erros humanos realizados durante o processo de verificação. Deste modo, o blockchain poderia otimizar a gestão da identidade dos passageiros, aprimorando a experiência e protegendo a privacidade de todos os que se encontram envolvidos (IATA, 2018).

Ainda relacionado com a identidade, especificamente daqueles que se encontram diretamente envolvidos, por exemplo, na manutenção de aviões, devem estar envolvidas várias credenciais e qualificações. A tecnologia blockchain tem a capacidade de garantir que a identidade que todas as pessoas que interagem com um avião – a sua posição e as suas credenciais, sejam registados e se tornem parte instantaneamente da cadeia do trabalho (Marx, Sealy & Thompson, 2019).

Usando um aplicativo móvel, os funcionários podem verificar sua identidade biometricamente (por meio do reconhecimento facial, por exemplo), validar seus dados pessoais e enviar provas de credenciais. Uma vez validado pelo empregador e pela entidade emissora, um certificado de treinamento ou outra credencial pode se tornar parte do perfil do trabalhador na blockchain. As partes com as permissões apropriadas veriam em um instante a identidade e qualificações verificadas da pessoa que instalou uma peça ou fez a manutenção de um avião, proporcionando uma confiança ainda maior na imagem geral da saúde da aeronave (Marx, Sealy & Thompson, 2019).

3.2.4. Sistema de Gerenciamento de Bagagem

Um dos maiores transtornos para os passageiros quando fazem viagens de avião é o extravio de bagagens, sendo muitas vezes difícil saber a verdadeira localização das malas. Com o blockchain, é possível facilitar o rastreamento do status e a localização destes valiosos ativos, de maneira confiável e imutável, uma vez que a movimentação destes vai alterar os processos. Além das bagagens, também é possível rastrear peças de reposição e cargas. À medida que estes itens se movem na cadeia de valor, a

blockchain oferece aos utilizadores uma melhor visibilidade e transparência (IATA, 2018).

A tecnologia blockchain permite também o melhoramento das operações em terra e também controlar os horários das partidas. Ao analisar os dados em tempo real é possível rastrear as etapas concluídas nas listas detalhadas de verificação de voo, ajudando assim as companhias aéreas a coordenar as atividades de todos os membros da tripulação e dos provedores de serviços – como é o caso dos serviços de limpeza, os transportadores de bagagem, fornecedores de catering e equipas de terra – identificando a fonte de qualquer tipo de atraso caso estes aconteçam (Marx, Sealy & Thompson, 2019).

A resolução 753 da IATA para rastreamento de bagagem está se tornando famosa entre a maioria das companhias aéreas do mundo. Companhias aéreas como *Qatar Airways* já implementou algumas soluções para rastrear a bagagem do passageiro e fornecer notificação contínua sobre as informações de bagagem para o passageiro. Cingapura e Hong Kong estão ansiosos para envolver a inteligência artificial para fornecer melhores serviços ao cliente em termos de gerenciamento de bagagem (Verma, 2018).

A tecnologia Blockchain pode se tornar a base de tais ferramentas que seriam impulsionadas pela inteligência artificial. Uma rede privada implantada no aeroporto simplificaria o processo de check-in e retirada de bagagem nas instalações. O ecossistema é formado para que o Blockchain armazene os dados da bagagem de check-in e o *Machine Learning* realize iterações para extrair informações precisas sobre o status da bagagem que também serão fornecidas aos passageiros. Isso de fato otimiza o processo de gerenciamento de bagagem junto com o suporte ao cliente em caso de manuseio incorreto, extravio ou furto (Verma, 2018).

O uso de RFIDs (Identificação por radiofrequência) e etiquetas digitais detetará facilmente a bagagem e a blockchain será extremamente útil para controlar e fornecer as informações relacionadas imediatamente, conforme o *White Paper* da SITA *Baggage Solution*. Em caso de bagagem perdida, essa tecnologia facilitará o recurso de pesquisa,

pois os aeroportos armazenariam os dados da bagagem a cada etapa e sem muita intervenção manual, podendo localizar ou rastrear a bagagem. O Blockchain supostamente contribuirá muito à resolução 753 da IATA, para torná-la bem-sucedida para as companhias aéreas e aeroportos (Verma, 2018).

3.2.5. Vendas a bordo

Frequentemente, sentimos que as vendas a bordo são altamente dependentes de máquinas de cartão de crédito que sincronizam os dados quando a aeronave pousa no aeroporto. Muitas companhias aéreas relatam que seus dados ou problemas relacionados não foram armazenados. No entanto, o uso de criptomoeda definitivamente minimiza os problemas e vários processos de verificação autenticarão a transação e, portanto, as companhias aéreas nunca precisariam confiar nos bancos ou nas máquinas de cartão de crédito.

Atualmente, muitas companhias aéreas estão fornecendo Wi-fi, o que ajudará os usuários de criptomoedas a fazerem a transação sem pensar duas vezes - na taxa de transação e na taxa de conversão. Além disso, isso ajudará as companhias aéreas a rastrear todos os registros de suas vendas usando blockchain e eliminará o risco de sincronizar a transação que por vezes resulta na perda de dados.

CAPÍTULO IV – REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

4.1. Métodos

Fortin, Cote & Fillion (2009) referem-se que é na fase da Metodologia que se deve operacionalizar o estudo, ou seja: precisar o tipo de estudo, as definições operacionais das variáveis, o meio onde se desenrola o estudo e a população deste mesmo estudo.

A metodologia consiste no “conjunto dos métodos e das técnicas que guiam a elaboração do processo de investigação científica” (ibidem, p. 232), acrescentando ainda que, “é um plano criado pelo investigador com vista a obter respostas válidas às questões de investigação colocadas ou às hipóteses formuladas”. Desta forma, a metodologia e por isso, os métodos e as técnicas utilizadas para estudar determinado fenómeno, vão sempre depender do tipo de estudo que se pretende realizar.

Para o presente trabalho a metodologia escolhida foi a Revisão Integrativa da Literatura (RIL), uma vez que nos permite sintetizar dados teóricos e empíricos da literatura de modo a proporcionar um entendimento mais abrangente sobre o fenómeno em estudo, neste caso, sobre a aplicação da tecnologia blockchain ao setor da aviação.

A RIL procura que as existências de possíveis vieses sejam ultrapassadas em todas as suas etapas, seguindo uma metodologia rigorosa de pesquisa, seleção e avaliação da relevância e validade da informação encontrada. É integrativa, pois tenta abranger o máximo de estudos pertinentes.

A elaboração segundo os autores Botelho, Cunha & Macedo (2011) é constituída por 6 etapas distintas: 1) Identificação do Tema e Seleção de Pesquisa; 2) Estabelecimento de Critérios de Inclusão e Exclusão; 3) Identificação dos Estudos Pré-selecionados e Selecionados; 4) Categorização dos Estudos Selecionados 5) Análise e Interpretação dos Resultados; 6) Apresentação da Revisão/Síntese do Conhecimento; as quais vão ser apresentadas de seguida.

4.2. Identificação do Tema e Seleção de Pesquisa

O presente trabalho teve como base o seguinte problema de investigação: O papel da tecnologia blockchain no setor da aviação. Assim, a pesquisa bibliográfica partiu das seguintes questões: Quais as principais aplicações da tecnologia blockchain no setor da aviação? Quais os benefícios da tecnologia blockchain no setor da aviação?

Tendo como tema a aplicação da tecnologia blockchain na indústria da aviação, a metodologia escolhida abrange um grande número de aspetos de análise de pesquisa, critérios estes que serão abordados posteriormente.

Percebemos que metodologia escolhida atuou como importante critério norteador para responder a pergunta de pesquisa deste trabalho, que se trata de qual o aporte teórico-científico disponível para explicar o fenómeno do blockchain aplicado à aviação, facto este por tratar de forma diferenciada desde a seleção de informação, critérios de refino na identificação, seleção, elegibilidade e utilização de dados a serem utilizados na revisão em si.

4.3. Critérios de Inclusão e Exclusão

Como principais fontes de pesquisa foram selecionadas as seguintes bases de dados: *Scopus*, *ResearchGate*, *OpenAir* as quais foram exploradas entre o período de setembro de 2019 e dezembro de 2019. Para a realização da pesquisa, recorreu-se à seleção de palavras-chave, de acordo com o tema em estudo, nomeadamente: “*blockchain*”, “*aviões*”, “*aviação*”, “*aeroportos*”, “*setor da aviação*” e “*indústria da aviação*”, com os seus correspondentes em inglês e espanhol e os seus devidos cruzamentos. Foi ainda realizada uma pesquisa livre para a identificação de material relevante que não estivesse indexado nas bases de dados selecionadas. Nesta primeira etapa foram identificados 397 artigos.

Nas bases de dados escolhidas realizou-se os cruzamentos das palavras-chave, com o uso de operadores booleanos (conectores AND, OR), as quais estão identificadas na tabela 2.

Tabela 2 - Cruzamento de descritores nas bases de dados utilizadas

Cruzamento de Palavras-chave
Blockchain AND Aviation AND Airports AND Airplanes
Blockchain AND Aviation OR Airports
“Blockchain” AND “Aviation” OR “Airplanes”
“Blockchain” AND “Aviation sector” OR “Aviation Industry”
“Blockchain” AND “Aviation sector” AND “Aviation Industry”

Fonte: Autor (2019)

Acima verifica-se que está na língua inglesa, uma vez que não foram encontrados artigos em português e em espanhol com as palavras-chave (termos) utilizados em pesquisa.

O resultado do cruzamento das palavras chave referidas nas bases de dados *Scopus*, *ResearchGate*, *OpenAir* resultaram em 397 artigos de acordo com o ANEXO 1.

Posteriormente procedeu-se à seleção dos critérios de elegibilidade. Os critérios de inclusão e exclusão definidos, encontram-se descritos no Tabela 3.

Tabela 3 - Critérios de Inclusão e Critérios de Exclusão

Critérios de Inclusão
Artigos publicados no período de 2015 a 2019
Artigos publicados em português, inglês ou espanhol;
Artigos que relatem a aplicação da tecnologia blockchain ao setor da aviação.
Critérios de Exclusão
Artigos que relatem a aplicação da tecnologia blockchain a outras áreas que não a aviação;
Artigos sobre o setor da aviação sem referências à aplicação da tecnologia blockchain;
Artigos não disponíveis na íntegra.

Fonte: Autor (2019)

Na tabela 4 é possível observar as principais razões de exclusão dos artigos analisados.

Conforme os critérios de exclusão dos artigos, 260 foram publicados antes do ano de 2015. Seguindo de 196 relacionando o blockchain com outras áreas que não com a aviação. Mais a frente, 161 destes tratavam sobre o setor da aviação, mas associando com outros temas que não o blockchain. 29 artigos foram excluídos por não estarem disponíveis na íntegra e também 29 por serem duplicados de mais de uma base de dados utilizada. Tais critérios são compostos pois podem ser aplicados em mais de um artigo ao mesmo tempo, como, por exemplo, um artigo que foi publicado antes de 2015 também tratar de um tema da aviação sem a correlação com a blockchain.

Após a leitura dos *abstracts* destes e aplicando os devidos critérios supracitados foram incluídos os escolhidos os **19** principais para a nossa pesquisa.

Tabela 4 - Processo de seleção dos artigos excluídos

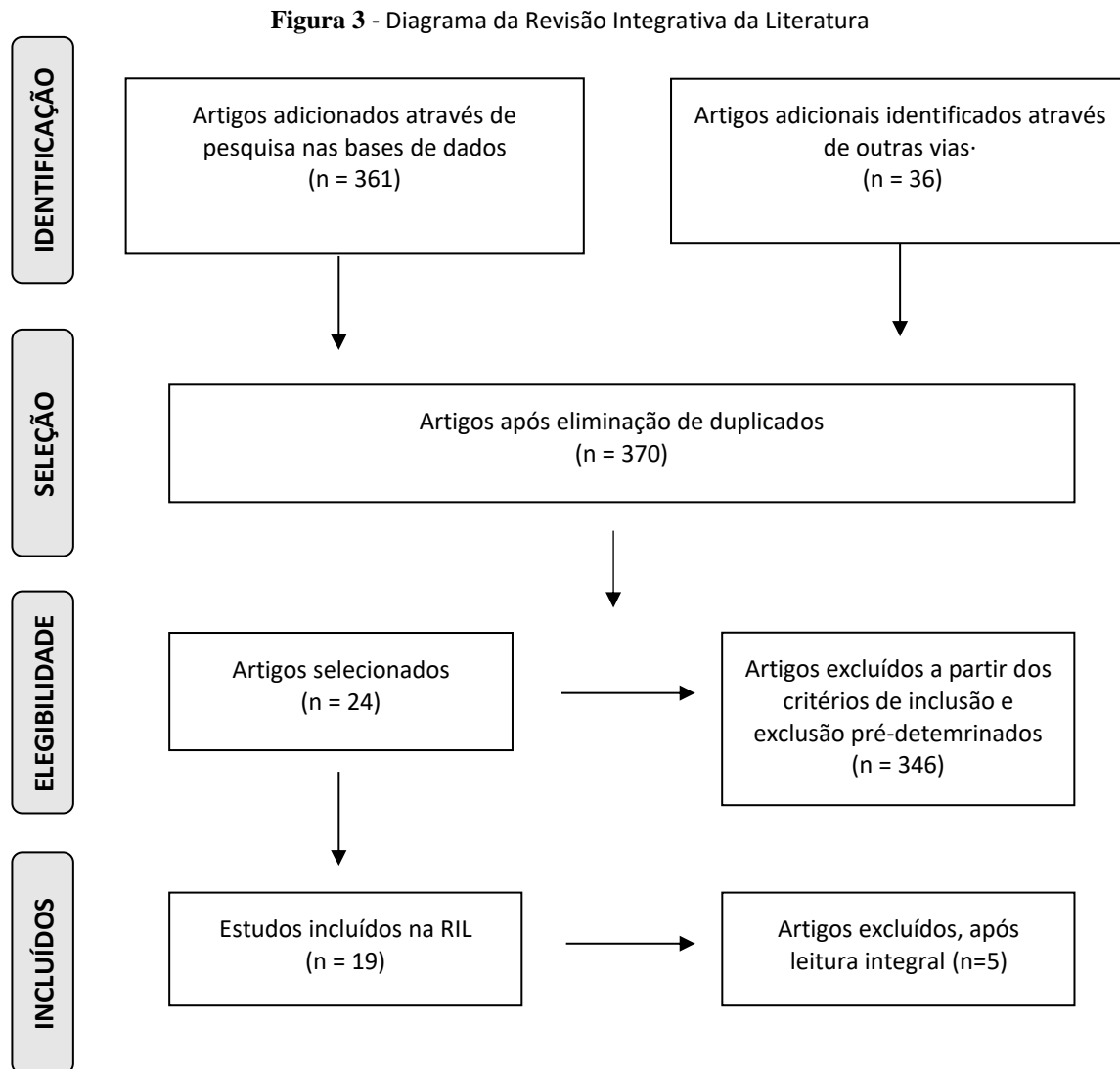
	ReserchGate	OpenAir	Scopus	Pesquisa Livre
	163	122	76	36
Excluídos				
Artigos publicados antes de 2015 (não se aplica à pesquisa livre)	109	92	23	36
Artigos sobre blockchain relacionados com outras áreas não relacionadas com a aviação	98	78	12	8
Artigos sobre o setor da aviação sobre outros temas que não blockchain	79	65	9	8
Artigos não disponíveis na íntegra	14	10	3	2
Artigos duplicados	13	9	5	2
TOTAL	19			

Fonte: Autor (2019)

4.4. Identificação dos Estudos Pré-selecionados e Selecionados

Nesta etapa foi realizada a análise dos títulos, resumos e palavras-chave de todas as publicações identificadas e verificados os critérios de elegibilidade estabelecidos inicialmente. Na figura 3, podemos, então, observar o fluxograma da presente RIL, o

qual descreve o fluxo de informações através das diferentes fases da revisão, mapeando o número de registos identificados, incluídos e excluídos e os motivos das exclusões.



Fonte: Autor (2019)

4.5. Categorização dos Estudos Selecionados

Em continuidade foi utilizada uma matriz de síntese de forma a sumariar e organizar as informações obtidas nas fases anteriores. Para isso, elaborou-se uma matriz de síntese, representada na Tabela 5, com os artigos obtidos na seleção e a qualidade dos artigos verificada está exposta no Tabela 6.

Tabela 5- Caracterização dos artigos incluídos na revisão

n.	Ano	Autores	Título	Publicação	Idioma	País
1	2019	Ludeiro, A.	Blockchain Technology for Luggage Tracking	Springer Nature	Inglês	Suiça
2	2019	Vaio, A. & Varriale, L.	Blockchain technology in supply chain management for sustainable performance: Evidence from the airport industry	International Journal of Information Management	Inglês	Itália
3	2017	Álvarez-Díaz, N., Herrera-Jaoncomartí, J. & Caballerp-Gil	Smart Contracts based on Blockchain for Logistics Management	Association for Computing Machinery	Inglês	Reino Unido
4	2018	Zemlyanskiy, V. & Zakrevskiy, O.	New way of transfer of ownership on intellectual property objects of Avionic based on Blockchain technology.	National Aviation University, Ukraine	Inglês	Ucrânia
5	2019	Wickboldt, C.	Benchmarking a Blockchain-based Certification Storage System	27th European Conference on Information Systems (ECIS)	Inglês	Alemanha
6	2019	Reisman, R.	Air Traffic Management Blockchain Infrastructures for Security, Authentication, and Privacy	NASA Technical Report	Inglês	EUA
7	2018	Badkoubeh, A., Mohr, L., Giurescu, D. & Rasmussen, E.	A Decentralized Solution for Integrating Large-SCALE UAS Operations into Future Aviation System	AirMarket/ TerraHub (não científica)	Inglês	Canadá
8	2017	Madhwal, Y. & Panfilov	Blockchain And Supply Chain Management:	DAAAM International	Inglês	Austria

			Aircrafts' Parts' Business Case			
9	2019	Wickboldt, C. & Klierer, N.	Blockchain for Workshop Event Certificates – A Proof of Concept in the Aviation Industry	Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control	Inglês	EUA
10	2018	Nadeem, S.	Can blockchain disrupt the traditional airline distribution for the better? If so, what the benefits of this new technology, and how can it be implemented.	Dissertação - University of Westminster	Inglês	Reino Unido
11	2017	Akmeemana, C.	Blockchain Takes Off: How Distributed Ledger Technology Will Transform Airlines	Blockchain Research Institute Não científico	Inglês	EUA
12	2019	Clementi, M., Kaafar, M., Larrieu n., Asghar H. & Lochin, E.	When Air Traffic Management Meets Blockchain Technology: a Blockchain-based concept for securing the sharing of Flight Data	Proceedings of the IEEE	Inglês	EUA
13	2018	Verma, M.	Application of hybrid blockchain and cryptocurrency in aviation	International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology	Inglês	Índia
14	2018	Bonomo, I., Barbosa, I., Monteiro, L., Borges, V., Weigang, L., Bassetto, C. & Barreto, A.	Development of SWIM Registry for Air Traffic Management with the Blockchain Support	Proceedings of the IEEE	Inglês	EUA
15	2019	Mandolla, C., Petruzzelli, A., Percoco, G., Urbinati, A.	Building a digital twin for additive manufacturing through the exploitation of	Computers in Industry - Elsevier	Inglês	Holanda

			blockchain: A case analysis of the aircraft industry			
16	2018	Santonino III, M., Koursaris, C. & Williams, M.	Modernizing the Supply Chain of Airbus by Integrating RFID and Blockchain Processes	International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace	Inglês	EUA
17	2019	Vladylav, R. & Yuliia, S.	The opportunities and challenges of implementation of blockchain in aviation industry	Young Scientist	Inglês	Ucrânia
18	2019	Ta, D., Todi, K. & Chaudhary, U.	Decentralizing Air Traffic Flow Management with Blockchain-based Reinforcement Learning	IEEE International Conference	Inglês	Índia
19	2018	Dylus, E.	The International Blockchain Registry of Mobile Assets	Air and Space Law	Inglês	Holanda

Fonte: Autor (2019)

Tabela 6 – Exposição das Publicações, Qualidade Científica e país de origem

Publicação	Qualys	País da publicação
Springer Nature - Analysis Mathematica	Q2	Suiça
International Journal of Information Management - ELSEVIER	Q1	Reino Unido
Communications of the ACM	Q1	Reino Unido
National Aviation	Não consta	Ucrânia

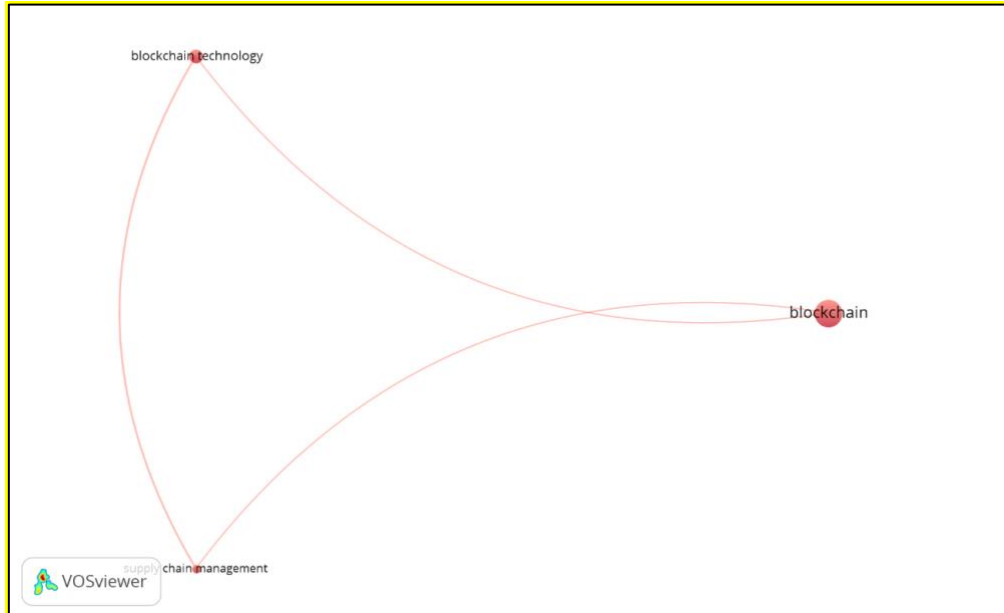
University, Ukraine		
27th European Conference on Information Systems (ECIS)	Não consta.	Suécia
NASA Technical Memorandum - SeaWIFS Postlaunch Technical Report Series	Q4	EUA
AirMarket/ TerraHub	Sem dados	Canadá
International Journal of Simulation Modelling - DAAAM International	Q2	Austria
Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control	Impact factor >1	EUA
University of Westminster	Dissertação	Reino Unido
Blockchain Research Institute	Não científico	EUA
Proceedings of the IEEE	Q1	EUA
International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology	Sem dados	Índia
IEEE Proceedings Conference	Impact factor >1	EUA

Computers in Industry - Elsevier	Q1	Holanda
International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace	Q4	EUA
Young Scientist	Sem dados	Ucrânia
IEEE Transactions on Industrial Informatics	Q1	EUA
Air and Space Law	Sem dados	Holanda

Fonte: Autor (2019)

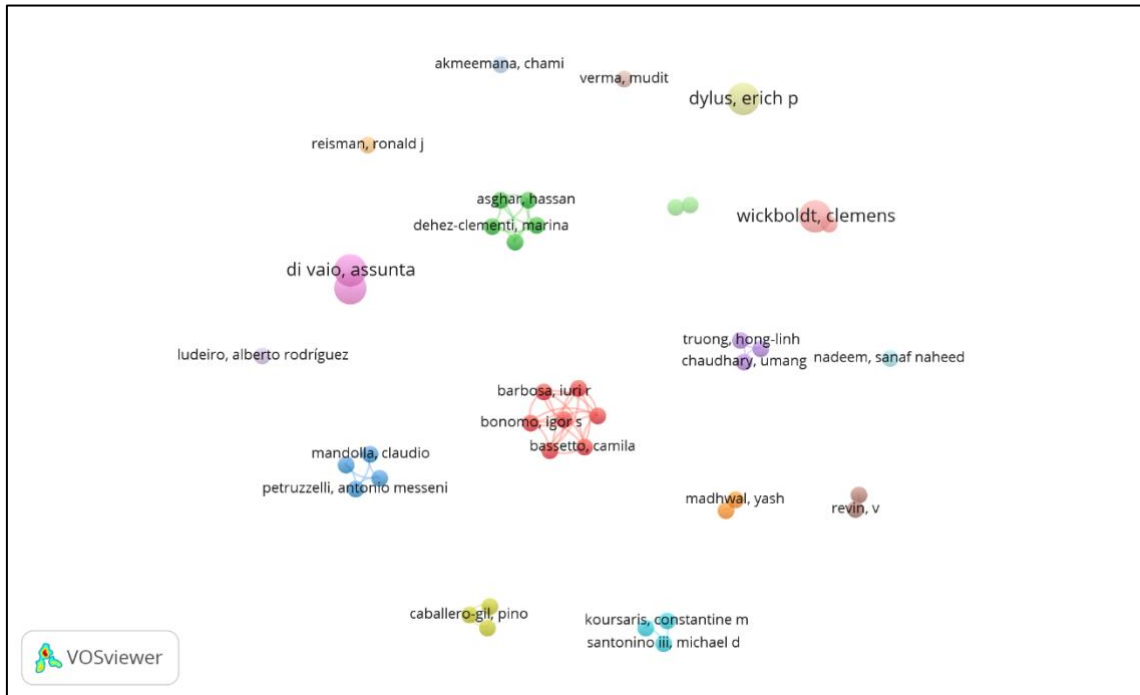
Com o uso de ferramentas expositivas, como o VOSviewer mostramos os termos utilizados entre os artigos utilizados e co-citações. Foi detetado que as referências não se conectam entre si quanto às referências utilizadas.

Figura 4 - Os termos que mais se repetiram entre os artigos selecionados



Fonte: Autor (2019)

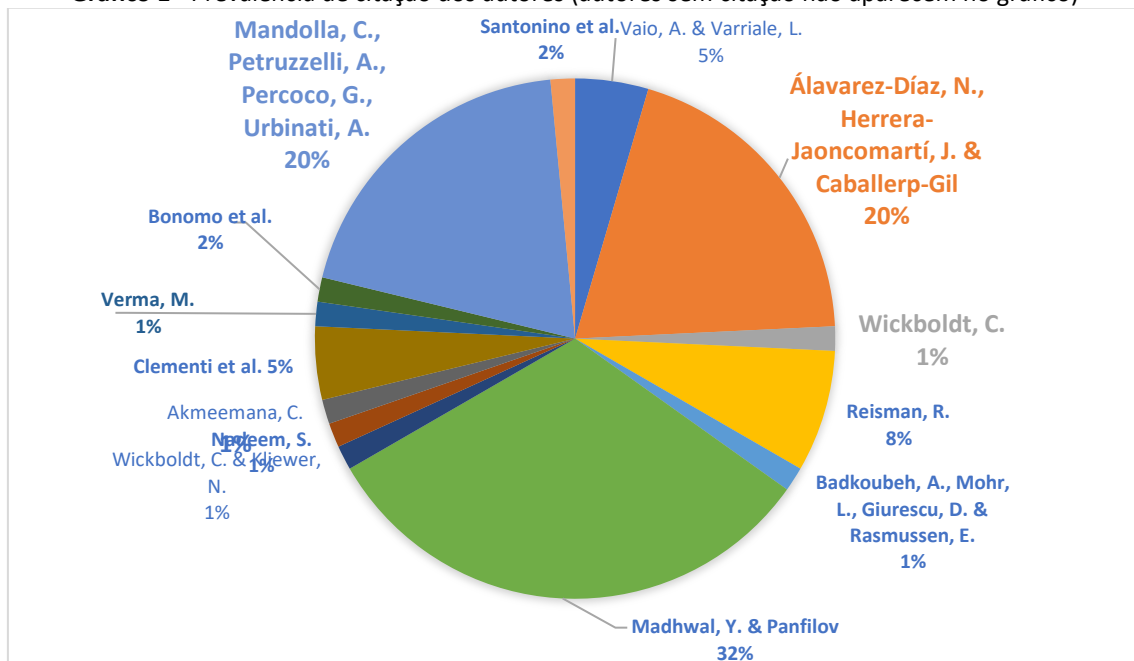
Figura 5 - Conexão por co citação e referência cruzada dos autores



Fonte: Autor (2019)

Abaixo em gráfico, mostramos o número de citações que cada artigo tem, o que é relacionado diretamente com a sua relevância científica.

Gráfico 1 - Prevalência de citação dos autores (autores sem citação não aparecem no gráfico)



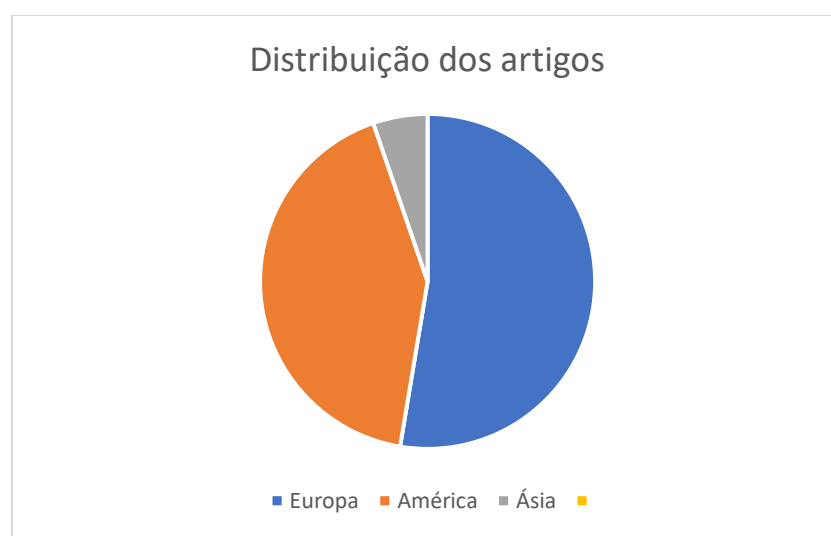
Fonte: Autor (2019)

4.6. Análise e Interpretação dos Resultados

Nesta etapa, analisaram-se todos os dados obtidos com o intuito de retirar conclusões e, conseqüentemente, construir uma perspectiva crítica sobre os artigos analisados. Esta análise foi realizada, tendo por base a matriz de síntese elaborada na etapa anterior.

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão foram, então, selecionados 19 artigos, sendo todos escritos na língua inglesa e oriundos de diversos países. Ante que não foram encontrados artigos de língua portuguesa nem espanhola, revelando um aspecto importante, relativamente ao inglês como sendo a língua da tecnologia e da disseminação tecnológica. De realçar também que não foram encontrados artigos escritos em Portugal, revelando a urgência do desenvolvimento de estudos nacionais acerca da temática em investigação. Na tabela seguinte é possível observar a origem dos artigos por zona do globo:

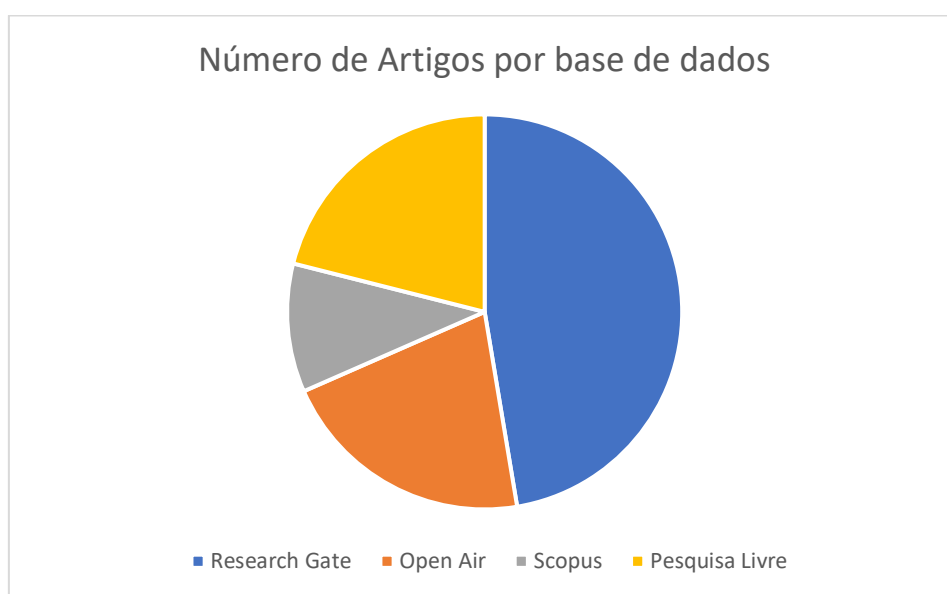
Gráfico 2 - Origem dos artigos, por zona do globo



Fonte: Autor (2019)

Na tabela seguinte, pode observar-se o número final de artigos por cada base de dados e a sua representação estatística para a realização da presente revisão integrativa da literatura:

Gráfico 3 - Representatividade dos artigos por base de dados



Fonte: Autor (2019)

Perante a seleção mencionada, é possível constatar que na sua maioria, foram analisadas publicações da base de dados Research Gate (47,37%), seguido da Open Air (21,05%), da pesquisa livre por rastreamento por co-citação e afins no Google (21,05%) e por fim da base de dados SCOPUS (10,53%). Considerando as 19 publicações selecionadas e o intervalo de datas de pesquisa, entre 2015 e 2019 no quadro abaixo encontra-se exposto o número de artigos correspondentes a cada ano de publicação, sendo que 2015 e 2016 não se encontram no quadro pois não foram encontrados artigos no período.

Tabela 7- Distribuição dos anos de publicação dos artigos incluídos na revisão integrativa da literatura

Ano de Publicação	Número de Artigos	Representatividade
2017	3	15,79%
2018	7	36,84%

2019	9	47,37%
TOTAL	19	100%

Fonte: Autor (2019)

Pode-se observar que a maior parte dos artigos foram publicados no presente ano de 2019 (9 artigos, com relevância de 47,37% para a presente revisão), seguido dos anos de 2018 com 7 artigos e com 36,84% de relevância. Por fim no ano 2017, foram incluídos 3 artigos, com relevância de 15,79%. De referir que em 2015 e 2016 não foi publicado qualquer artigo relevante para a presente investigação. A tecnologia blockchain é relativamente recente, tendo o seu lançamento há sensivelmente 10 anos. Verifica-se uma tendência geral no interesse por esta nova tecnologia, expressando-se no aumento de publicações, de forma exponencial, nos últimos três anos, nomeadamente, no que toca a aplicações do blockchain ao setor da aviação.

De acordo com análise do material realizada através de uma leitura crítica e de acordo com as questões de partida propostas, foi possível a identificação de convergências entre os artigos o que possibilitou o estabelecimento de três grandes Unidades de Análise:

- I. **Unidade de Análise I:** Aplicações gerais da tecnologia blockchain ao setor da aviação;
- II. **Unidade de Análise II:** A tecnologia blockchain aplicada à logística no setor da aviação;
- III. **Unidade de Análise III:** A tecnologia blockchain aplicada à segurança no setor da aviação.

Na tabela seguinte é possível, então, observar os artigos correspondentes a cada unidade de análise:

Tabela 8 - Distribuição dos artigos por unidade de análise

Unidade de Análise	Artigos Incluídos		
Unidade de Análise I – Aplicações Gerais da	11	Blockchain Takes Off: How Distributed Ledger Technology Will Transform Airlines	2017

tecnologia blockchain ao setor da aviação (3 artigos)	13	Application of hybrid blockchain and cryptocurrency in aviation	2018
	17	The opportunities and challenges of implementation of blockchain in aviation industry	2019
Unidade de Análise II - Tecnologia blockchain aplicada à logística no setor da aviação (9 artigos)	1	Blockchain Technology for Luggage Tracking	2019
	2	Blockchain technology in supply chain management for sustainable performance: Evidence from the airport industry	2019
	3	Smart Contracts based on Blockchain for Logistics Management	2017
	5	Benchmarking a Blockchain-based Certification Storage System	2019
	8	Blockchain And Supply Chain Management: Aircrafts' Parts' Business Case	2017
	9	Blockchain for Workshop Event Certificates – A Proof of Concept in the Aviation Industry	2019
	10	Can blockchain disrupt the traditional airline distribution for the better? If so, what the benefits of this new technology, and how can it be implemented.	2018
	16	Modernizing the Supply Chain of Airbus by Integrating RFID and Blockchain Processes	2018
	18	Decentralizing Air Traffic Flow Management with Blockchain-based Reinforcement Learning	2019
Unidade de Análise III - Tecnologia blockchain aplicada à segurança no setor da aviação. (7 artigos)	4	New way of transfer of ownership on intellectual property objects of Avionic based on Blockchain technology.	2018
	6	Air Traffic Management Blockchain Infrastructures for Security, Authentication, and Privacy	2019
	8	A Decentralized Solution for Integrating Large-SCALE UAS	2017

		Operations into Future Aviation System Blockchain And Supply Chain Management: Aircrafts' Parts' Business Case	
	12	When Air Traffic Management Meets Blockchain Technology: a Blockchain-based concept for securing the sharing of Flight Data	2019
	14	Development of SWIM Registry for Air Traffic Management with the Blockchain Support	2018
	15	Building a digital twin for additive manufacturing through the exploitation of blockchain: A case analysis of the aircraft industry	2019
	19	The International Blockchain Registry of Mobile Assets	2018

Fonte: Autor (2019)

Ainda na presente etapa, pretende proceder-se à síntese dos dados presentes nas publicações selecionadas e interpretar de uma forma neutra a informação que elas transmitem. Sendo a discussão dos resultados uma fase da dissertação, reconhecidamente difícil, mas na qual o investigador tem uma margem de liberdade superior à das restantes etapas do estudo, podendo “dar largas à sua capacidade de percepção e criatividade” [...e à] “imaginação para mostrar a amplitude e a profundidade da investigação” (Tuckman, 2005, p. 445).

Assim sendo, organizou-se esta síntese considerando-se as três unidades de análise identificadas anteriormente. Para facilitar a discussão dos resultados, optou-se pela construção de três tabelas, correspondentes a cada unidade de análise, de forma a identificar facilmente o objetivo, metodologia e resultados dos estudos.

A primeira Unidade de Análise, que diz respeito às aplicações gerais da tecnologia blockchain à logística no setor da aviação, tem os principais resultados extraídos dos artigos selecionados, explanados na tabela seguinte:

Tabela 9 - Tabela de extração dos principais resultados dos artigos da Unidade de Análise I – Aplicações gerais da tecnologia blockchain ao setor da aviação.

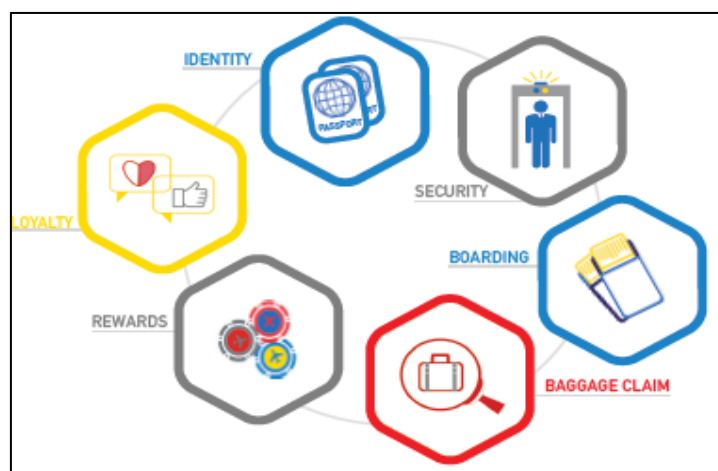
Nº	Autores	Objetivos	Metodologia	Resultados
11	Akmeemana, Chami.	Apresentar as principais aplicações e limitações da tecnologia blockchain ao setor da aviação	Metodologia qualitativa, método expositivo, revisão da literatura	Devido às suas características específicas, o setor da aviação é um dos que mais pode beneficiar com a tecnologia blockchain. Na aviação a blockchain maximizará o retorno do investimento, reduzindo despesas operacionais, removendo a necessidade da existência de terceiras partes intermediárias.
13	Verma, Mudit	Apresentar aplicações da tecnologia blockchain híbrida e das criptomoedas na aviação.	Metodologia qualitativa, método expositivo, revisão da literatura	Apresentam uma blockchain híbrida como solução transparente e segura para manter a rede privada e fornecer acesso ao público para verificar determinadas alterações sem que seja possível alterá-las. Um ecossistema de blockchain híbrido é uma boa solução para facilitar as operações das companhias aéreas e aeroportos que, por sua vez, irá resolver vários problemas de gestão de dados no que concerne à segurança.
17	Vladyslav, Revin; Yuliia, Shevcheko	Apresentar todas as possibilidades de problemas associados ao uso da blockchain na aviação	Metodologia qualitativa, método expositivo, revisão da literatura	A tecnologia Blockchain tem o potencial de mudar permanentemente o setor de aviação, requerendo, no entanto, o aprofundamento do conhecimento e o estudo sobre essa tecnologia. Para o setor da aviação, foram, então, identificados os seguintes benefícios: 1) segurança de dados, permitindo uma maior confiança por parte dos clientes; 2) descentralização; 3) gestão de informações.

Fonte: Autor (2019)

A primeira unidade de análise refere-se a aplicações gerais da tecnologia blockchain ao setor da aviação, ou seja, são artigos expositivos, que reúnem as principais aplicações desta tecnologia ao setor.

O primeiro artigo, publicado pelo Blockchain Research Institute, avança uma visão geral sobre as principais aplicações da blockchain no setor da aviação. De acordo com a autora Akmeemana (2017) o principal objetivo comercial da indústria da aviação é a movimentação de passageiros e mercadorias de um lugar para o outro. A integração do blockchain pode ajudar as companhias aéreas a oferecerem aos seus clientes serviços mais seguros e confiáveis, melhorando a satisfação e gerando receitas acessórias através de programas melhores de fidelidade ou serviços a bordo. Também a tecnologia de contabilidade distribuída (DLT) associada à blockchain pode melhorar os fluxos transacionais, garantindo assim a confiança e fornecendo um registro imutável. Na guerra global ao terrorismo, as companhias aéreas estão cada vez mais na vanguarda da identificação e verificação de passageiros, sendo que a blockchain é uma tecnologia que pode auxiliar e muito nessa identificação (Akmeemana, 2017). Pode-se observar as várias áreas onde Akmeemana (2017) refere que a experiência do passageiro pode ser melhorada utilizando a tecnologia blockchain na Figura 6 abaixo.

Figura 6 - Áreas que podem melhorar com a aplicação da tecnologia blockchain



Fonte: Akmeemana (2017)

Além das aplicações, a autora avança também algumas limitações, principalmente ligadas à novidade desta tecnologia. Atualmente existe ainda uma falta de conhecimento real sobre o mundo da blockchain, sendo ainda muito difícil e dispendioso o desenvolvimento de protótipos utilizando esta tecnologia. Outra das limitações prende-se com a incompreensão desta tecnologia, não existindo políticas regulatórias para responder a esta, sendo que, o setor aéreo é altamente regulamentado e dependente do consenso entre vários governos nacionais e instituições reguladores, como é o caso da FAA ou da EASA. É necessário, então, o desenvolvimento de soluções regulatórias ao mesmo tempo que se vai desenvolvendo a tecnologia blockchain (Akmeemana, 2017).

No trabalho realizado por Verma (2018) foram também identificadas várias aplicações da tecnologia blockchain e das criptomoedas em toda estrutura de aviação (que foram delineadas nos itens 3.2.1 até 3.2.5 do capítulo 3).

Por fim, Vladyslav & Yuliia (2019) identificaram quatro aplicações gerais da tecnologia blockchain ao setor da aviação: 1) gestão de identificação; 2) compra de bilhetes com ajuda de tokens; 3) segurança e 4) manutenção. No que toca à gestão da identificação, a blockchain vai permitir que toda a informação seja armazenada de forma descentralizada, com o recurso à biometria, sendo virtualmente impossível de se cometer erros durante a fase de check-in, eliminando também fraudes ao nível dos passaportes, uma vez que esta tecnologia irá ser capaz de identificar todas as pessoas, sendo elas criminosas ou terroristas.

Relativamente à emissão de bilhetes com a ajuda da tokenização irá contribuir para a eliminação dos bilhetes de avião em papel, que podem ser adquiridos no aeroporto ou via eletrónica, uma vez que os bilhetes passam a ser materializados em tokens, ou seja, num ativo simbólico ou um contrato pequeno, permitindo a aquisição de bilhetes em todas as partes do mundo, ao mesmo tempo que protege e armazena informações. A segurança é um dos principais motivos da aplicação da blockchain à aviação, uma vez que neste setor há uma grande partilha de dados pessoais dos clientes, entre várias entidades.

Por fim, a manutenção, onde existe a necessidade de regular o trabalho entre os fabricantes, fornecedores, intermediários, companhias aéreas e comerciantes, e onde podem ocorrer erros devido a uma grande partilha de dados, pode ser melhorada com a tecnologia blockchain uma vez que esta permite a utilização mais fácil de dados e a remoção de documentos e erros, fornecendo um registo único de habilitação de produtos. As informações deste registo estão disponíveis para qualquer pessoa que tenha acesso, através de um login (Vladyslav & Yuliia, 2019).

A segunda Unidade de Análise, respeitante à tecnologia blockchain aplicada à logística no setor da aviação, tem os principais resultados extraídos dos artigos selecionados, explanados na tabela seguinte:

Tabela 10 - Tabela de extração dos principais resultados dos artigos da Unidade de Análise II – Tecnologia Blockchain aplicada à logística no setor da aviação

Nº	Autores	Objetivos	Metodologia	Resultados
1	Ludeiro, Alberto	Aplicação da tecnologia blockchain para o rastreamento de bagagens	Metodologia qualitativa, método expositivo, revisão da literatura	Esta pesquisa visa aprimorar o método convencional de rastreamento de bagagem, permitindo aos clientes que controlem onde estão as suas malas e economizem tempo. Também é uma ótima opção para a companhias aéreas uma vez que pode melhorar a sua reputação devido à redução do número de bagagens perdidas, além de reduzir os subsídios resultantes das perdas.
2	Di Vaio, Assunta; Varriale, L	Este artigo investiga as principais implicações da tecnologia blockchain para a gestão de operações com o foco nos processos	Revisão da literatura e meta-análise de artigos entre 200-8 e 2018, incluindo os 6 primeiros meses de 2019.	Embora as adoções da tecnologia blockchain apresente vários benefícios, principalmente na gestão de operações, esta nova solução tecnológica não

		de tomada de decisão na gestão da cadeia de suprimentos sob a perspectiva de sustentabilidade do desempenho.	Estudo de caso de uma infraestrutura aeroportuária do Sul de Itália.	garante um melhor desempenho em termos de eficácia, eficiência e sustentabilidade. Verifica-se, então, a necessidade de um trabalho conjunto entre os gestores e os formuladores políticos para criar uma rede de colaboração baseada numa cultura comum e confiança mútua.
3	Álvarez-Díaz, Néstor; Herrera-Joancomartí, Jordi; Caballero-Gil, P.	Analisar o estado atual da tecnologia blockchain e as suas possibilidades relativamente o desenvolvimento de aplicações descentralizadas e auto-verificáveis com foco na sua integridade aplicadas ao setor da aviação	Estudo empírico; revisão da literatura; desenvolvimento de uma nova proposta de logística recorrendo à blockchain e à Ethereum.	Este estudo prova a aplicação desta tecnologia e a sua fácil adaptação em ambientes diferentes, como é o caso da gestão da bagagem, mostrando a flexibilidade do sistema e a possibilidade de crescer rapidamente, independentemente do número de utilizadores que o utilizem.
5	Wickboldt, Clemens	Avaliar o desempenho de um sistema de armazenamento de certificação baseado na tecnologia blockchain na indústria da aviação.	Revisão da literatura; estudo de caso	O desempenho do sistema depende de forma decisiva de parâmetros de configuração, sendo que as operações de leitura são, geralmente, mais rápidas que as operações de gravação. Um tamanho maior no bloco leva a uma maior taxa de transferência e a uma menor taxa de latência até que os limites de desempenho do

				sistema sejam atingidos.
8	Madhwal, Yash; Panfilov, Peter	Recorrendo a um cenário da indústria de aviação, vai-se demonstrar a necessidade de se ter um sistema descentralizado, tendo como base tecnologias como a blockchain, não apenas para ajudar na manutenção dos aviões, mas para monitorizar o desempenho e utilização das peças e da cadeia de suprimento das peças.	Revisão da literatura, estudo de caso	A tecnologia blockchain relacionada com um sistema de suprimentos de peças para aviões vai ajudar o desenvolvimento de uma rede transparente de suprimento e reduzirá o risco de disponibilidade de peças adquiridas no mercado negro. Esta nova tecnologia permitirá ao gestor analisar o suprimento, demandas, fonte de disponibilidade de peças de reposição e fornecer métodos para adquiri-las das fontes apropriadas.
9	Wickboldt, Clemens; Kliwer, Natalia,	Criar, avaliar e apresentar um artefacto de IT baseado em blockchain, seguindo os princípios da ciência de design, permitido a digitalização do processo de documentação com base no hyperledger fabric na indústria de aviação.	Design Science Research (DSR)	A presente pesquisa responde a deficiências no atual processo comercial analógico. A relevância é garantida por uma estreita cooperação com especialistas em domínio da indústria da aviação. Os padrões projetáveis no processo de documentação são identificados para permitir uma aplicação do artefacto num amplo espaço de solução.
10	Nadeem, Sanaf	Esta pesquisa tem como objetivo determinar se o blockchain tem o potencial e a disposição de	Estudo de caso; metodologia qualitativa; entrevistas	As respostas dadas demonstraram que, embora o blockchain tenha sucesso em muitos casos no setor de transporte aéreo, a

		reformular o ecossistema tradicional de distribuição relativamente às linhas aéreas.		distribuição não é um deles. Os entrevistados deduziram que o blockchain não pode substituir o sistema de distribuição tradicional, pois ainda é uma tecnologia imatura. A menos que haja evidência de um empreendimento bem-sucedido e confiável, a blockchain não é apropriada para a distribuição na indústria da aviação.
16	Santoninio, Michael; Koursaris, C.; Williams, Michael	Vai-se examinar o estado daqueles que adotaram pela primeira vez na aviação a tecnologia RFID na sua cadeia de suprimentos para rastrear peças, identificação de informações, meios logísticos e outras melhorias de processo de gestão de manutenção de componentes. Vão ser ainda identificadas novas tendências para a gestão das cadeias de suprimento, como é o caso da blockchain.	Metodologia qualitativa, revisão da literatura.	A tecnologia blockchain e tecnologias semelhantes, são ferramentas essenciais dentro do mundo da cadeia de suprimentos na indústria da aviação, mas também para a segurança da informação e para a garantia da integridade em todo o sistema. A tecnologia blockchain vai continuar a amadurecer à medida que são cada vez mais requisitadas para tornar o movimento das bagagens e o fabrico de aviões cada vez mais eficientes e lucrativos.
18	Duong, Ta; Todi, Ketan; Truong, Hong-Linh	Proposta de implementação de um sistema descentralizado e inteligente como solução de gestão do fluxo do tráfego aéreo, tendo como	Revisão da literatura, estudo de caso.	Os resultados obtidos confirmam a viabilidade e a eficácia do blockchain para uma solução de gestão de tráfego aéreo, abrangendo vários países, de

		base a tecnologia blockchain, com o objetivo de melhorar a eficiência do transporte aéreo na região da ASEAN como um todo.		forma a descentralizar a informação.
--	--	--	--	--------------------------------------

Fonte: Autor (2019)

Foi identificada uma segunda unidade de análise, nomeadamente, a aplicação da tecnologia blockchain aplicada à logística no setor de aviação. Tendo em conta que o setor da aviação é altamente dependente de uma correta logística em diferentes áreas, a tecnologia blockchain aparece como uma ferramenta passível de ajudar o processamento de diferentes ações logísticas.

Uma das áreas no setor da aviação onde uma boa logística é de extrema importância prende-se com o processamento de bagagens. Considerada uma das maiores “dores de cabeça” para as companhias e para os passageiros, perder as bagagens pode significar vários constrangimentos, onde a recuperação pode demorar vários dias. O primeiro artigo identificado sobre a tecnologia blockchain aplicado ao rastreamento de bagagem é da autoria de Ludeiro (2019). Este autor desenvolveu uma proposta de um aplicativo multiplataforma, em que as informações são transmitidas via blockchain, descentralizando-as, sendo que em todos os pontos a que chega a bagagem, esta é prontamente identificada e a informação da sua localização é transmitida para todos os pontos envolvidos, evitando assim perdas e roubos. Além disso, o aplicativo utiliza os atuais códigos de barras usados nas bagagens, o que vai significar um custo significativamente baixo para as companhias no que toca à aplicação deste aplicativo. Assim, a tecnologia blockchain vai permitir que os passageiros tenham a possibilidade de controlar onde se encontra a sua bagagem, economizando tempo, sendo também de extrema importância para a reputação das companhias aéreas, reduzindo também o valor associado ao pagamento de indemnizações devido à perda de bagagens.

Também Álvarez-Díaz, Herrera-Joancomartí & Caballero-Gil (2017) identificaram a importância da tecnologia blockchain em vários ambientes dentro do setor da aviação,

dando especial destaque para a gestão de bagagens, através do desenvolvimento de aplicações descentralizadas e auto verificáveis, tendo como foco principal a integridade e transparência das operações. Este artigo descreve, então, uma proposta segura de gestão logística de bagagens recorrendo a contratos inteligentes implantados no Ethereum. A sua aplicação mostra a flexibilidade oferecida pelas tecnologias baseadas em blockchain, apresentando a possibilidade de crescer rapidamente, independentemente do número de utilizadores.

O artigo de Di Vaio & Varriale (2019) investiga as principais implicações da tecnologia blockchain para a gestão de operações, tendo foco nos processos de tomada de decisão na gestão de cadeia de suprimentos, tendo sempre a perspetiva na sustentabilidade de desempenho. Este estudo de caso analisou a aplicação de uma das principais aplicações da tecnologia blockchain na indústria da aviação, a A-CDM (Airport Collaborative Decision Making) no aeroporto Napoli-Capodichino, em Nápoles, Itália. Esta aplicação promove a cooperação entre os principais atores dentro da indústria da aviação e os controladores de tráfego aéreo de forma a reduzir a fragmentação, ineficiência e operações descoordenadas. Esta aplicação mostrou-se extremamente eficiente no que toca à gestão de operações, nomeadamente ao controlo de bagagens, ao suprimento de mantimentos, à manutenção dos aviões, entre outros. Apesar dos benefícios provados, os autores referem que estas novas soluções tecnológicas, por si só, não garantem a melhoria do desempenho, em termos de eficiência e sustentabilidade, havendo a necessidade de que os gestores e os formuladores de políticas trabalhem em conjunto tendo em vista a criação de um fórum de verdadeira colaboração e confiança mútua.

Outra aplicação da tecnologia blockchain no setor logístico da aviação prende-se com o armazenamento e a sua certificação, como ficou patente no estudo desenvolvido por Wickboldt (2019). Uma das características que o autor associa à indústria da aviação, nomeadamente ao armazenamento e gestão de peças, é que é necessária uma sofisticada e completa documentação de eventos relacionados com o fluxo de trabalho, sendo que, ainda hoje em dia, e devido a questões de confiança e a inexistência de uma instituição central que lide com a certificação, este processo ainda não se encontra

digitalizado. A tecnologia blockchain oferece um sistema de certificação descentralizado e transparente, reduzindo a necessidade burocrática e aumentando a confiança durante todo o fluxo de trabalho, identificando a posição de cada peça, quem a está a manusear, qual o seu estado e qual o seu percurso.

A gestão da manutenção dos aviões é também uma das áreas onde a logística é mais importante no setor da aviação. Neste domínio as equipas de gestão de cadeia de suprimentos lidam com cadeias extremamente complexas, muitas vezes em rede, de suprimentos de peças de reposição, de peças novas e de peças para a manutenção e reparação de aviões. Todas as peças possuem um grande número de parâmetros que devem ser levados em consideração, assim como existem vários fabricantes de peças que se encontram distribuídos globalmente, o que requer um grande esforço logístico, havendo, por isso, vários níveis de organização. Os autores desenvolveram, assim, um sistema baseado na tecnologia blockchain, descentralizado, de forma a facilitar esta logística.

Foram identificados quatro grandes benefícios da aplicação desta tecnologia. Em primeiro lugar a interoperabilidade, permitindo que, através de ID especiais, os diferentes níveis de organização sejam capazes de se ligarem e comunicarem entre si. Em segundo lugar a transparência de informações, onde todos os processos individuais em cada nível encontram-se registados e são de consulta pública, por exemplo, que alguma alteração for feita numa determinada cadeia, todos os seus utilizadores serão atualizados com a alteração e os novos detalhes. O terceiro benefício prende-se com a assistência técnica, permitindo que os sistemas apoiem mais facilmente os indivíduos pertencentes à cadeia, uma vez que agregam e permitem a visualização de informações de forma muito mais abrangente, contribuindo para a tomada de decisões informadas, o planeamento futuro e uma rápida resolução de problemas. Por fim, a tecnologia blockchain permite que sejam tomadas decisões de forma descentralizada, permitindo que empresas individuais tomem as suas próprias decisões e executem as suas tarefas sem terem de responder a um elemento central, poupando-se em tempo e burocracia (Madwal & Panfilov, 2017).

Um estudo realizado por Wickboldt & Kliewer (2019) demonstra também como a tecnologia blockchain se pode constituir como uma importante ferramenta para a gestão de peças, quer para armazenamento, quer para manutenção, reparo e revisão dos aviões. Mais uma vez, e à semelhança de outros autores já citados nesta revisão, a logística associada à gestão de peças implica uma grande burocracia e organização, devido à necessidade de documentação completa referente ao ciclo de vida da peça e a todos os eventos de oficina relacionados com essa mesma peça, de forma a esta ser corretamente usada posteriormente se necessário. Os autores revelam que a atual gestão e armazenamento analógico é bastante falível, pelo que a blockchain apresenta-se como uma alternativa viável para suprimir erros e informação incompleta, permitindo que toda a informação seja registada em tempo real e entre diretamente para o sistema, que, por ser descentralizado, fica disponível a todos aqueles que tenham acesso a essa informação e façam parte da cadeia de gestão das peças.

Nadeem (2018) realizou um estudo no âmbito dos sistemas de distribuição no setor da aviação, nomeadamente, quais os benefícios que a aplicação de tecnologias blockchain podem trazer a estes sistemas. Este foi o primeiro estudo que não identificou benefícios relativos à blockchain quando comparado com o ecossistema tradicional de distribuição relativamente às linhas aéreas. Tal deve-se, em grande parte, à grande imaturidade que esta tecnologia ainda tem, necessitando de mais estudos e de evolução. Nesta base, o autor, recomenda que as companhias aéreas e todos os participantes do sistema de distribuição invistam na tecnologia blockchain ou qualquer outra tecnologia emergente viável financiando pesquisas, abrindo parte dos seus inventários, permitindo experiências, integração e colaborando com o feedback, de forma a que a indústria evolua de forma favorável, facilitando cada vez mais os complexos procedimentos de logística.

A gestão de cadeia de suprimentos no setor de aviação é muito importante, refletindo-se no número de artigos sobre esta temática. Santonino, Koursaris & Williams (2018) realizaram um estudo no sentido de modernizar esta cadeia aplicando tecnologias baseadas em blockchain. Os autores identificaram várias situações onde esta tecnologia foi integrada com sucesso e ajudou a aumentar a confiança e a simplicidade na gestão

da cadeia de suprimentos, sendo considerada uma tecnologia com potencial disruptivo relativamente aos antigos sistemas de manutenção de registos. As situações identificadas vão desde a logística associada ao armazenamento e manutenção de peças até ao rastreamento de mercadorias e bagagens.

Os autores colocam que o uso de avanços tecnológicos e inovação da ciência de dados incorporou a utilização da tecnologia blockchain para analisar e otimizar os processos que usam a tecnologia identificação por radiofrequência (RFID, sigla do inglês). Por exemplo, a cadeia de valor se beneficia (saídas) para minimizar os tempos de fila e melhorar a eficiência operacional. Velocidades de processamento mais rápidas e custos mais baixos são fatores a serem considerados ao otimizar a eficiência operacional. Tempo mais rápido e custos mais baixos são fatores a serem considerados ao otimizar a eficiência operacional. A, ou RFID, é uma das áreas da indústria da aviação que está ganhando impulso para melhorar a eficiência em várias funções operacionais.

O autor ainda cita que o Aeroporto Internacional de Lisboa, em Portugal, foi o primeiro aeroporto europeu a instalar um sistema de bagagem RFID no final de 2008; seguido pelo Aeroporto de Milão Malpensa, na Itália, como o segundo aeroporto da Europa e o terceiro no mundo a implementar o rastreamento abrangente de bagagem RFID em todo o mundo. todo o sistema de manuseio de bagagem a partir do check-in de bagagem.

O último artigo identificado nesta unidade de análise foi realizado por Duong, Todi & Truong (2019). Estes autores avançaram uma proposta de implementação dum sistema descentralizado, tendo como base tecnologia blockchain, de gestão do fluxo de tráfego aéreo, de modo a melhorar a eficiência do transporte aéreo. O sistema, batizado de BlockAgent, pretende ser uma plataforma de coordenação segura, transparente e descentralizada de forma a otimizar o fluxo. Como resultado, o BlockAgent não requer a existência de uma autoridade centralizada para que sejam realizadas operações de gestão de fluxo de tráfego aéreo eficazes, tendo sido demonstrado a viabilidade e a efetividade desta aplicação através de experiências com dados reais de tráfego aéreo relativos a aeroportos.

Por último, será apresentada a terceira Unidade de Análise, respeitante à tecnologia blockchain aplicada à segurança no setor da aviação, sendo que os principais resultados extraídos dos artigos selecionados, podem ser observados na tabela seguinte.

Tabela 11 - Extração dos objetivos, métodos e principais resultados dos artigos da Unidade de Análise III – Tecnologia Blockchain aplicada à segurança no setor da aviação

Nº	Autores	Objetivos	Metodologia	Resultados
4	Zemlyanskiy, V; Zakrevskiy, O	Apresenta a Intellectchain, baseada na tecnologia blockchain para o controlo, armazenamento e transferência em segurança de objetos de propriedade intelectual ligados ao setor da aviação	Revisão da literatura, método expositivo	O Intellectchain fornece apenas a confirmação e a garantia de que, inicialmente, os Documentos assinados são usados em contratos inteligentes pelo autor.
6	Reisman, Ronald	Apresenta um design e a descrição de um protótipo de software ilustrativo que atenda as vulnerabilidades do sistema ADS-B por meio de uma nova implementação de PKI baseada em blockchain.	Estudo de caso; construção de um protótipo; Hyperledger fabric	Este protótipo possui uma autoridade de certificação inteligente, canais de suporte de contrato e canais de comunicativos com uma maior largura de banda para comunicação de informações de forma a que esta seja feita de forma segura entre qualquer avião e qualquer membro autorizado, compartilhado dados de acordo com os tempos especificados na forma de contratos inteligentes. O protótipo demonstra como esse método pode ser implantado económica e rapidamente num ambiente modular escalável.
8	Badkoubeh, Amir; Mohr, Lindsay; Giurescu, Dan;	Mostra uma solução descentralizada para descrever a integração segura de um futuro	Estudo de caso, desenvolvimento de protótipo/projeto	Em resposta à crescente necessidade para usar o UAS num espaço aéreo de baixa altitude subutilizado

	Rasmussen, Eric	sistema de gestão de tráfego aéreo diante dos sistemas que já existem em resposta à Solicitação de informações da ICAO.		para aplicações comerciais, o documento propõe um sistema de gestão de tráfego distribuído em escala global baseado na tecnologia blockchain. O Blockchain será usado para comunicação entre os diferentes nós do sistema de tráfego aéreo. Cada interação é registrada na ledger compartilhada e disponível para todos os nós selecionados, dependendo do nível de acesso.
12	Dehez, Marina; Larrieu, Nicolas; Lochin, Emmanuel; Kaafar, Mohamed; Asghar, Hassan	Discutem como a blockchain pode melhorar o compartilhamento de dados confidenciais pelo sistema ATM, usando-se como exemplo os dados de um voo.	Revisão bibliográfica, estudo de caso.	Conclui-se que a descentralização é a chave para um desempenho melhor e uma segurança mais aprimorada, uma vez que nenhuma autoridade central pode se apropriar de todo o sistema ou ser direcionado com um ativo de alto valor, por qual toda a informação tem de, obrigatoriamente, passar. Também, ao distribuir o armazenamento de dados, remove-se todos os riscos relacionados com falhas, como por exemplo a indisponibilidade de serviços e dados, alteração dos planos de voo, comprometimento ou partilha de registos particulares.
14	Bonomo, Igor; Barbosa, Iuri; Monteiro, Lucas; Borges, Vinicius; Weigang, Li; Bassetto, Camila;	Mostrar o desenvolvimento do Registro SWIM Brasil, que compreende o estudo da arquitetura, componentes, serviços e acesso a dados, recorrendo à	Estudo de caso; construção de algoritmos	O emprego de blockchain em serviços cobertos pelo SWIM Registry pode melhorar as suas características e propriedades atuais, trazendo benefícios para as partes interessadas. Há também um melhor armazenamento dos dados dos planos de voo e permite

	Barreto, Alexandre.	tecnologia blockchain.		questionar de forma mais correta de modo a se realizar um planejamento mais adequado para as partes interessadas.
15	Mandolla, Claudio; Petruzzelli, Antonio; Percoco, Gianluca; Urbinati, Andrea.	Analisaram teoricamente e praticamente a construção de um gêmeo digital para manufatura aditiva na indústria aeronáutica através da exploração do Blockchain.	Revisão da literatura; Estudo de caso	O artigo forneceu uma resposta conceitual para proteger e organizar os dados gerados por meio de um processo de fabricação aditiva na indústria aeronáutica, em todas as suas fases, destacando o modo como as empresas que utilizam o blockchain podem criar ligações seguras e interconectadas com as diferentes infraestruturas de fabrico.
19	Dylus, Erich	Apresentou o registo internacional blockchain para os ativos moveis	Método expositivo, revisão da literatura	A chave privada de endereço de blockchain do ativo pode ser dispersa em partes para as entidades usuárias e credores autorizados permitidos por meio de uma combinação de senha ou qualquer medida adicional de segurança de rede para evitar que um único agente seja possuidor da chave. Além disso, a tokenização abre as portas para uma futura integração em contratos inteligentes, nos quais os tokens podem ser negociados juntamente com o pagamento diretamente via blockchain.

Fonte: Autor (2019)

A última unidade de análise identificada referente à aplicação da tecnologia blockchain ao setor aviação prende-se com a segurança. A segurança é um tema maior dentro deste setor devido ao grande número de dados, em grande parte pessoais, que são trocados diariamente. A segurança do próprio tráfego aéreo é também uma questão muito relevante.

O primeiro artigo referente à segurança é realizado por Badkoubeh, Mohr, Giurescu & Rasmussen (2018). Este artigo apresenta uma solução descentralizada para a integração de um futuro sistema de gestão de tráfego nos sistemas de gestão de tráfego aéreo, em resposta às solicitações de segurança e informação da ICAO. Um sistema de gestão de tráfego requer a colaboração de várias partes interessadas, sendo que, dentro do sistema, cada uma das partes deve ser contabilizada e apoiada por estruturas de dados e regras de permissão de forma a descrever com precisão os seus níveis de autoridade.

Como seria de esperar, essas partes precisam de um sistema que consiga gerir com êxito um nível de tomada de decisão autónoma que seja transparente e democrática. É neste sentido que surge a tecnologia blockchain, recorrendo a uma rede P2P (peer-to-peer) e com um banco de dados compartilhado por todos aqueles que pertencem a rede, sendo possível verificar e aprovar todas as transações, e verificar quais são as regras aplicadas. Além disso, devido à sua natureza descentralizada, a blockchain garante transparência, auditabilidade e resistência à adulteração.

Zemlyanskiy & Zakrevskiy (2018), no seu artigo, apresentam um sistema de segurança aplicado ao setor da aviação tendo como base a tecnologia blockchain, o Intellectchain, tendo como principais objetivos o controlo, armazenamento e transferência em segurança de objetos de propriedade intelectual ligados ao setor da aviação. Esta aplicação é de extrema importância, uma vez que facilita e acelera a pesquisa científica, o desenvolvimento e a descoberta para a utilização em tempo real na indústria da aviação, contribuindo, assim, para a sua evolução com segurança.

A segurança foi também tema do trabalho realizado por Ronald (2019), tendo desenvolvido a sua investigação em tecnologias blockchain aplicadas à propósitos militares e também à aviação civil. Este investigador desenvolveu uma abordagem criptográfica de autorização de transmissão segura de informações, baseada em blockchain. Devido à criptografia este é um protótipo de certificação inteligente, canais de suporte de contrato e canais de comunicação com uma maior amplitude de modo a que a transmissão de informações seja realizada de forma segura entre qualquer avião e também entre qualquer membro autorizado, partilhando os dados necessários tendo

em conta as especificações avançadas nos contratos inteligentes, sendo que este pode ser implantado de forma económica, rapidamente, num ambiente de vários módulos que representam diferentes níveis entre si.

Outro artigo identificado na unidade de análise referente à segurança foi elaborado por Dehez et al. (2019). A partilha eficiente de informações sobre sistemas físicos e dados pessoais em larga escala dentro do setor da aviação não é uma tarefa considerada fácil, levantando grandes problemas e desafios, nomeadamente a consistência dos dados, a gestão de direitos de acesso e muito mais. Para tal, os autores desenvolveram um protótipo tendo como base a tecnologia blockchain de modo a melhorar a eficiência e a segurança do planeamento do voo. Os autores acreditam que a descentralização característica desta tecnologia é um fator chave para um melhor desempenho e uma segurança mais apertada, uma vez que nenhuma autoridade central pode se apoderar de todo o sistema, nem este pode ser tratado como um ativo de alto valor representativo. Em adição, ao se distribuir o armazenamento dos dados, remove-se todos os riscos relacionados com falhas de um ponto único de gestão, como é o caso da indisponibilidade de serviços de dados, a alteração de planos de voo e o comprometimento ou vazamento de registos confidenciais.

O próximo estudo de caso foi realizado por Bonomo et al (2018), que apresentou o desenvolvimento do Registo SWIM, um sistema de gestão e troca de informações do setor da aviação, muito utilizado na Europa e nos EUA, no Brasil, recorrendo à tecnologia blockchain, como facilitador das trocas de informações. Ficou provado que o emprego da tecnologia blockchain em serviços cobertos pelo SWIM Registry tem a capacidade de melhorar as suas características e propriedades atuais, como por exemplo, um armazenamento mais eficaz dos dados dos planos de voo, permitindo que se façam as questões corretas no que concerne a um planeamento mais adequado para todas as partes interessadas. A implementação do blockchain no SWIM relativamente ao serviço de dados de voo é importante devido aos benefícios inerentes à própria tecnologia, como a verificação do utilizador e o acesso à informação somente por utilizadores devidamente autorizados. O serviço de planeamento de voo se beneficiou da tecnologia blockchain devido à sua capacidade de armazenar uma grande quantidade de dados,

permitindo que os utilizadores tenham acesso, facilmente, a um número de informações relevantes.

Também na indústria de fabrico de aviões, a segurança é uma questão prioritária, sendo que a tecnologia blockchain pode, também, ser aplicada neste âmbito, como revelou o artigo elaborado por Mandolla, Petruzzelli, Percoco & Urbinati (2019). Estes autores consideram que as características idiossincráticas da tecnologia blockchain podem ser especialmente úteis na indústria aeronáutica, um setor em que a sua base é tecnológica e em que os fabricantes de componentes são governados por padrões e regras rigorosas, cujo objetivo é certificar e monitorizar todo o processo de produção dos componentes.

Assim, os autores propõem a produção de um gémeo digital no que toca aos registos do fabrico de componentes para indústria blockchain, sendo possível armazenar dados sobre todo o processo de produção, sendo que estes podem ser acedidos por todos aqueles que têm autorização e que se encontram dentro do processo, contribuindo para uma produção com padrões de segurança ainda mais elevados, onde toda a infraestrutura de fabrico se encontra interconectada.

Por fim, o último artigo identificado nesta unidade de análise foi escrito por Dylus (2018). Para este autor, o blockchain é uma tecnologia altamente eficaz no que toca à segurança dentro do setor da aviação, nomeadamente no que toca à segurança dos dados dos passageiros, que são trocados diariamente. A blockchain pode fornecer chaves privadas que são dispersas em partes, sendo estas distribuídas a todas as entidades que irão utilizar os dados e credores devidamente autorizados que, por meio de combinação de senha, tenham acesso aos dados necessários dos passageiros, evitando que apenas um agente central seja o detentor da chave principal que dá acesso a esses dados, o que permite que situações como o roubo da dados seja evitado.

4.7. Apresentação da Revisão/Síntese do Conhecimento

No presente trabalho realizou-se uma RIL tendo como principal objetivo averiguar as aplicações da tecnologia blockchain ao setor da aviação. Os estudos abarcam uma ampla revisão da literatura, publicada no final da primeira década do novo milénio, nomeadamente, desde 2017, revelando a contemporaneidade e atualidade do tema em estudo.

Os estudos analisados recorrem tanto à metodologia quantitativa como à metodologia qualitativa, sendo de realçar os vários estudos de caso, onde protótipos de aplicativos baseados na tecnologia blockchain são aplicados em condições reais de forma a averiguar a sua funcionalidade. Num total de 397 foram selecionados para o presente 19 artigos que cumprem os critérios de elegibilidade estabelecidos.

Embora existam vários estudos sobre a blockchain e as suas aplicações, nomeadamente nas áreas da logística e segurança, da pesquisa da literatura disponível verificou-se que a investigação científica ainda é relativamente limitada no que toca à tecnologia da blockchain no contexto específico do setor da aviação. No entanto, e com o desenvolvimento desta tecnologia e a sua crescente utilização, a tendência é que venham a ser publicados mais estudos no âmbito académico sobre esta temática específica.

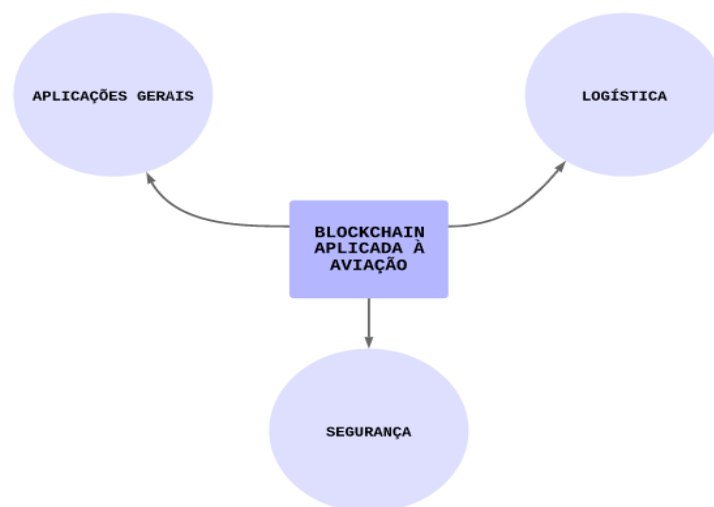
Os resultados desta revisão fornecem um conjunto de informação recolhida sobre a tecnologia blockchain no contexto do setor da aviação, nomeadamente acerca das suas principais intervenções e da importância que estas têm para este setor, o que permitiu que se dividisse os artigos em três unidades de análise, a fim de facilitar a sua compreensão: I) aplicações gerais da tecnologia blockchain ao setor da aviação; II) tecnologia blockchain aplicada à logística no setor da aviação e, por fim III) tecnologia blockchain aplicada à segurança no setor da aviação.

Independentemente da unidade de análise, todos os artigos explicitaram os objetivos e as características que fazem a tecnologia blockchain tão única e tão disruptiva no que

toca às tecnologias existentes até então. De um modo geral, os artigos vão ao encontro ao que foi dito por Carmona (2018), que sintetiza as principais características e vantagens da tecnologia blockchain, nomeadamente a descentralização, ou seja, os registos das transações são replicadas em todas as partes da rede, sendo que cada nó possui uma cópia integral e igual do histórico da transação, o que dispensa a existência de uma localização central do sistema, o que leva à segunda característica principal, a transparência, visto que, por todas as transações serem registadas, são gravadas cópias que por sua vez ficam em poder de cada parte envolvida, não podendo esta informação ser alterada o que leva à última característica principal, a imutabilidade dos registos, visto que todos estes são realizados automaticamente e de forma imediata.

Uma vez feitos, estes registos são irreversíveis. Estas três características conferem, então, uma alta confiabilidade associada a informação, nomeadamente em relação à autenticidade e à exatidão das informações nela contida (Carmona, 2008). Estas três características foram sem dúvida decisivas na escolha desta tecnologia para a aplicação em determinadas áreas como a gestão de bagagens, a gestão e manutenção de peças, o controlo de tráfego aéreo, a segurança de dados de passageiros e trabalhadores, entre outras. Na figura 7 é possível observar o envolvimento das três unidades de análise que foram identificadas, no que toca à aplicação da tecnologia ao setor da aviação, sintetizando assim os resultados obtidos:

Figura 7 - Aplicações da tecnologia blockchain ao setor da aviação.



Fonte: Autor (2019)

No que concerne as aplicações gerais, estas dividem-se em várias categorias. Uma delas diz respeito à melhoria da experiência do passageiro, nomeadamente questões relativas à identificação, rastreamento e recolha de bagagens, segurança, identidade, embarque e recompensas (relacionadas, por exemplo, com o número de milhas viajadas).

Também são identificadas questões relacionadas com a comunicação e partilha de informações entre os diferentes parceiros envolvidos numa viagem de avião, como é o caso dos aeroportos, o controlo de tráfego aéreo, a manutenção, as equipas de trabalho, tanto de terra como de ar, hotéis, gestão entre outras áreas (Akmeemana, 2017; Revin & Schevcheko, 2019; Verma, 2018). A segurança e a logística também foram identificadas nas aplicações gerais (Akmeemana, 2017; Revin & Schevcheko, 2019; Verma, 2018) no entanto, e devido à existência de artigos vocacionados apenas para estas áreas, foram constituídas como unidades de análise por si só.

Relativamente às aplicações da blockchain à logística foram várias as que foram identificadas nos mais diversos artigos recolhidos para a presente revisão. O setor da aviação é um setor onde uma boa logística faz toda a diferença para que tudo funcione o mais corretamente e eficazmente possível. Uma das principais aplicações logísticas prende-se à gestão das bagagens, sendo que a blockchain facilita a identificação e localização das bagagens, assim como a sua recolha (Álvarez-Díaz, Herrera-Joancomartí & Caballero-Gil, 2017; Di Vaio & Varriale, 2019; Ludeiro, 2019).

Ficou também demonstrando que a tecnologia blockchain pode ser uma ferramenta extremamente eficaz no que toca à logística relacionada com a gestão de peças e material, quer para fins de armazenamento, quer para manutenção, reparo e revisão dos aviões, sendo que estas cadeias de suprimento são extremamente complexas, geralmente em rede, sendo que a blockchain facilita o processo, tornando-o mais transparente e descentralizado (Madhwal & Panfilov, 2017; Wickboldt, 2019; Wickboldt & Kliwer, 2019).

Esta tecnologia também apresenta grandes vantagens na cadeia de suprimentos, por ser uma cadeia descentralizada, como referiu Santonino, Koursaris & Williams (2018).

No entanto, esta opinião não é corroborada por Nadeem (2018), que refere que esta ainda é uma tecnologia ainda muito recente, que necessita de ser desenvolvida e mais estudada, não tendo encontrado benefícios no que toca às tradicionais cadeias de distribuição no setor de aviação. Por fim, a tecnologia blockchain foi identificada como altamente eficaz no que toca a logística relacionada com a gestão do fluxo de tráfego aéreo, melhorando, assim, a eficiência do transporte aéreo (Duong, Todi & Truong, 2019).

Por fim, a blockchain foi identificada como uma ferramenta útil também no que toca à segurança de processos relacionados com o setor da aviação. A primeira aplicação de segurança identificada relaciona-se com o tráfego aéreo, nomeadamente aos sistemas de gestão do tráfego, respondendo solicitações de segurança e informação da ICAO (Badkoubeh, Mohr, Giurescu & Rasmussen, 2018). A segurança e certificação tanto da produção de peças como da propriedade intelectual relacionada com o setor da aviação mostra também benefícios se forem aplicados sistemas descentralizados baseado na blockchain (Bonomo et al, 2018; Zemlyanskiy & Zakrevskyi, 2018).

Por fim, a blockchain é extremamente útil no que toca à segurança dos dados dos passageiros, da tripulação e dos dados de voo, entre muitos outros dados, sendo que a segurança será, sem sombra de dúvida, uma das principais aplicações desta nova tecnologia ao setor da aviação (Dehez et al., 2019; Dylus, 2018; Mandolla, Petruzzelli, Percoco & Urbinati, 2019; Ronald, 2019).

CAPÍTULO V – CONCLUSÃO

Com este trabalho foi possível perceber, teoricamente, que a tecnologia blockchain apresenta um grande potencial para melhorar vários setores da nossa sociedade, sendo que o setor aéreo apresenta elementos específicos que o tornam um dos candidatos principais para a aplicação desta tecnologia.

É consensual, entre quase todos os autores analisados na revisão de literatura, que a tecnologia blockchain apresenta um grande potencial de melhorar todos os setores, sendo que o setor aéreo apresenta um certo número de especificidades que o fazem um dos principais beneficiários da aplicação destas tecnologias. Apesar de ser muito recente e de algum ceticismo e resistência, esta a blockchain tem vindo a conquistar cada vez mais adeptos no setor aeronáutico.

Depreendeu-se a partir das conclusões dos autores e de posterior análise de seus argumentos que as características do setor da aviação e os recursos da tecnologia blockchain encontram-se quase perfeitamente alinhados. Aplicações como a partilha de dados entre os vários atores e pontos de contato potencia uma boa experiência relacionada com a viagem. Desde a reserva até à chegada, todos aqueles envolvidos no processo podem incluir na sua cadeia as companhias aéreas, as plataformas de viagens on-line, aeroportos, serviços de imigração, aluguer de carros, hotéis, entre outros.

Com a blockchain, num determinado processo, cada parte envolvida neste é responsável pela recolha, armazenamento e partilha de informações operacionais ou de dados sobre os passageiros, dependendo do processo. De facto, em todos os pontos de contato da viagem, a blockchain permite a construção de uma rede acessível a todos, transparente e descentralizada, evitando assim perdas de tempo, económicas e burocráticas.

Com tantos sistemas a funcionar, a partilha de dados nem sempre é tranquila, sendo que quando algo corre mal, não é apenas a integridade operacional e geração de receitas, mas também a segurança. A blockchain vem deixar os processos mais seguros e rápidos, contribuindo para o desenvolvimento de uma maior eficiência dos aeroportos e das companhias aéreas.

Este estudo pretende, então, servir de instrumento não somente acadêmico, para todos aqueles que estejam a desenvolver estudos na área, uma vez que compila e faz a síntese dos estudos publicados até agora. Possuindo interesse também de servir de instrumento também prático, para todos os gestores, responsáveis e envolvidos no meio aeronáutico que, através da leitura desta pesquisa, consigam aplicar algum efeito da tecnologia blockchain em seu cotidiano operacional, seja em aplicações gerais, logísticas ou no que tange às aplicações de segurança, na gestão de seus segmentos aeronáuticos.

Através do método escolhido nesta tese, juntamente com a análise e cruzamento de resultados, foi possível comparar os principais autores encontrados que abordavam o tema blockchain na indústria da aviação. Com os pontos abordados nos capítulos anteriores podemos agrupar diferentes pontos de aplicação de diversos autores, que cruzam seus conhecimentos teóricos, podendo citar as benesses teóricas que tal conjunto híbrido-tecnológico poderia trazer para o campo da indústria da aviação. Conforme foi identificado nesta pesquisa foram identificadas evidências teóricas para as áreas de aplicações gerais da blockchain na aviação, aplicação desta para a logística e para a segurança na indústria aeronáutica.

Portanto é considerado ter sido cumprido o objetivo de responder à pergunta de partida: Qual o aporte teórico-científico disponível para explicar o fenômeno do blockchain aplicado à aviação.

Apesar da existência de artigos relevantes para o tema em estudo, é notório que ainda existam algumas lacunas técnicas no que toca a aplicação da tecnologia blockchain na indústria da aeronáutica. Principalmente pela ausência de regulamentação e pouca disseminação do conhecimento desta primeira em face da seguinte, que é conhecida por ser uma das mais regulamentadas indústrias em atividade atualmente. A implementação desse modelo híbrido ocorrerá em conjunto com uma mentalidade de confiança de ambas as partes, onde se alinhem as regulações, gerando credibilidade para o usuário final. No entanto, as suas características fazem com que a blockchain desperte cada vez mais interesse junto do setor de aviação, sendo por isso esperado que a investigação nesta área aumente exponencialmente nos próximos anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahamad, Shaikshakeel, Madhusoodhnan Nair, and Biju Varghese. "A survey on crypto currencies." In *4th International Conference on Advances in Computer Science, AETACS*, pp. 42-48. Citeseer, 2013.

Akmeemana, C. (2017). *Blockchain takes off – How Distributed Ledger Technology will Transform Airlines*. Mountain View, CA: Blockchain Research Institute.

Álvarez-Díaz, N., Herrera-Joancomartí, J. & Caballero-Gil, P. (2017). Smart Contracts based on Blockchain for Logistics Management. In *IML '17: International Conference on Internet of Things and Machine Learning*, October 17–18, 2017, Liverpool, United Kingdom.

Ametrano, F. (2016). *Hayek Money: The Cryptocurrency Price Stability Solution*. [em linha]. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2425270. Acedido a 2 de outubro de 2019.

Androulaki, E., Barger, A., Bortnikov, V., Cachin, C., Christidis, K., De Caro, A., ... & Muralidharan, S. (2018, April). Hyperledger fabric: a distributed operating system for permissioned blockchains. In *Proceedings of the thirteenth EuroSys conference* (pp. 1-15).

Antonopoulos, Andreas M. *Mastering Bitcoin: unlocking digital cryptocurrencies*. "O'Reilly Media, Inc.", 2014.

Arnold, M. (2016). Visa invita a las entidades a probar su nuevo sistema de pagos bancários basado en la tecnologia del 'bitcoin'. [em linha]. Disponível em <http://www.expansion.com/economiadigital/>. Acedido a 3 de outubro de 2019.

Badkoubeh, A., Mohr, L., Giurescu, D. & Rasmussen, E. (2018). *A Decentralized Solution for Integrating Large-Scale UAS Operations into Future Aviation System*. [em linha].

Disponível

em:

https://www.researchgate.net/publication/326468351_A_Decentralized_Solution_for_Integrating_Large-Scale_UAS_Operations_into_Future_Aviation_Systems. Acedido a 7 de novembro de 2019.

Banco de Portugal (2013). *Esclarecimento do Banco de Portugal sobre Bitcoin*. [em linha]. Disponível em: <https://www.bportugal.pt/comunicado/esclarecimento-do-banco-de-portugal-sobre-bitcoin>. Acedido a 3 de outubro de 2019.

Barkatullah, Javed, and Timo Hanke. "Goldstrike 1: Cointerra's first-generation cryptocurrency mining processor for bitcoin." *IEEE micro* 35, no. 2 (2015): 68-76.

Bashir, I. (2018). *Mastering Blockchain: Distributed ledger technology, decentralization, and smart contracts explained*. Packt Publishing Ltd.

Bonomo, I., Barbosa, I., Monteiro, L., Borges, V., Weigang, L., Bassetto, C. & Barreto, A. (2018). *Development of SWIM Registry for Air Traffic Management with the Blockchain Support*. In 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 4 – 7 novembro, Maui.

Botelho, Louise Lira Roedel, Cristiano Castro de Almeida Cunha, and Marcelo Macedo. "O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais." *Gestão e sociedade* 5, no. 11 (2011): 121-136.

Brill, A. & Keene, L. (2014). *Cryptocurrencies: The Next Generation of Terrorist Financing?*, *Defence Against Terrorism Review*, 13-14.

Bryans, D. (2014). Bitcoin and Money Laundering: Mining for an Effective Solution. *Indiana Law Journal*, 89 (1), 442-472.

Carmona, A. M. M (2018). Implicaciones jurídicas del uso de blockchains en la Administración Pública. 103f. Dissertação (Mestrado em Direito) - Facultad de Derecho, Universidad de Murcia.

Christidis, K. (2016). Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Thing. *IEEE Access*, 4, 2292-2303.

Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the internet of things. *IEEE Access*, 4, 2292-2303.

Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation*, 2(6-10), 71.

Drescher, D. (2017). *Blockchain basics* (Vol. 276). Berkeley, CA: Apress.

Dehez-Clementi, M., Larrieu, N., Lochin, E., Kaafar, M. & Asghar, H. (2019). *When air traffic management meets blockchain technology: a blockchain-based concept for securing the sharing of flight data*. In: 2019 IEEE/AIAA 38th Digital Avionics Systems Conference (DASC), 8 - 12 September, 1 -11.

Deshwali, S. (2018). Blockchain for Aviation Industry- Implementation, Benefits & Use cases. [em linha]. Disponível em: <https://hackernoon.com/blockchain-for-aviation-industry-implementation-benefits-use-cases-8fa3e21cb260>. Acedido a 10 de novembro de 2019.

Di Vaio, A. & Varriale, L. (2019). Blockchain technology in supply chain management for sustainable performance: Evidence from the airport industry. *International Journal of Information Management*, 1 – 16.

Duong, T., Todi, K., Chaudhary, U. & Truong, H. (2019). Decentralizing Air Traffic Flow Management with Blockchain-based Reinforcement Learning. *17th IEEE International Conference on Industrial Informatics*, Helsinki-Espoo, Finland, 2019 July 22-25.

Dylus, E. (2018). The International Blockchain Registry of Mobile Assets. *The aviation & Space Journal*, 17(4), 20 -25.

D. Evans, "The Internet of Everything: How More Relevant and Valuable Connections Will Change the World," Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), 2012

Ekblaw, Ariel and Asaf Azaria. MedRec: Medical Data Management on the Blockchain. Viral Communications, 12 2017. URL <https://viral.media.mit.edu/pub/medrec>.
<https://viral.media.mit.edu/pub/medrec>.

El Haddouti, S., & El Kettani, M. D. E. C. (2019, April). Analysis of Identity Management Systems Using Blockchain Technology. In *CommNet* (pp. 1-7).

Francisco, K., & Swanson, D. (2018). The supply chain has no clothes: Technology adoption of blockchain for supply chain transparency. *Logistics*, 2(1), 2.

Formigoni Filho, José Reynaldo, Alexandre Mello Braga, and Rodrigo Lima Verde Leal. "Tecnologia Blockchain: uma visão geral. 2017." (2018).

Fortin, Marie, J. Cote and F. Filion. "Fundamentos e etapas do processo de investigação." (2009).

Garay, J. K. (2015, April). «The bitcoin backbone protocol: Analysis and applications». Annual International Conference on the Theory and Applications of Cryptographic Techniques (pp. 281-310).

Gavronski, A. & Foppa, S. (2015). *O Bitcoin como primeira moeda digital internacional*. [em linha]. Disponível em: <https://internacionalizese.blogspot.pt/2015/05/o-bitcoin-como-primeira-moeda-digital.html>. Acedido a 2 de outubro de 2019.

Gallen, P. (2016). Por que estan creando los bancos su propio 'bitcoin'? *El Mundo*
Retrieved from
<http://www.elmundo.es/economia/2016/08/24/57bdc58746163fca1b8b457c.htm>

Gohwong, S. G. (2018). The State of the Art of Cryptocurrencies. *Asian Administration & Management Review*, 1(2).

Golumbia, D. (2015). Bitcoin as Politics: Distributed Right-Wing Extremism. En Lovink, G., Tkacz, N., & de Vries, P. (eds.), *MoneyLab Reader: An Intervention in Digital Economy*, Amsterdam: Institute of Network Cultures. ISBN: 978-90-822345-5-8.

Griffith, Ken. "A quick history of cryptocurrencies BBTC-Before Bitcoin." *Bitcoin Magazine*. April 16 (2014).

Gupta, S. S. (2017). *Blockchain*. John Wiley & Sons, Inc.

IATA - International Air Transport Association., P. (Ed.). (2018). *Future of the Airline Industry 2035*. IATA.

Koshy, Philip, Diana Koshy, and Patrick McDaniel. "An analysis of anonymity in bitcoin using p2p network traffic." In *International Conference on Financial Cryptography and Data Security*, pp. 469-485. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014.

Lee, J. (2019). A decentralized token economy: How blockchain and cryptocurrency can revolutionize business. *Business Horizons*, 62(6), 773-784.

Ludeiro, A. (2019). Blockchain Technology for Luggage Tracking. *Springer Nature Switzerland AG*, 801, 451-456.

Madhwal, Y. & Panfilov, P. (2017). Blockchain and Supply Chain Management: Aircraft's Part's Business Case. *Proceedings of the 28th DAAAM International Symposium*, 1051-1056.

Mandolla, C., Petruzzelli, A., Percoco, G. & Urbinati, A. (2019). Building a digital twin for additive manufacturing through the exploitation of blockchain: A case analysis of the aircraft industry. *Computers in Industry*, 109 (2019), 134-152.

Markets and Markets. Aviation Blockchain Market by End Market, Application, Deployment, Function, Region - Global Forecast to 2025. Disponível em: https://www.reportlinker.com/p05839847/Aviation-Blockchain-Market-by-End-Market-Application-Deployment-Function-Region-Global-Forecast-to.html?utm_source=PRN. Acedido a 12 de janeiro de 2020.

Marx, C., Sealy, R. & Thompson, S. (2019). *How blockchain can improve the aviation industry*. [em linha]. Disponível em: <https://www.strategy-business.com/article/How-blockchain-can-improve-the-aviation-industry?gko=9e976>. Acedido a 12 de outubro de 2019.

Nadeem, S. (2018). *Can blockchain disrupt the traditional airline distribution for the better? If so, what are the benefits of this new technology, and how can it be implemented*. London: University of Westminster.

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. [Em linha]. Disponível em: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. Acedido 20 novembro 2018. Acedido a 2 de outubro de 2019.

Narayanan, Arvind, Joseph Bonneau, Edward Felten, Andrew Miller, and Steven Goldfeder. *Bitcoin and cryptocurrency technologies: a comprehensive introduction*. Princeton University Press, 2016.

Nguyen, Q. K. (2016, November). Blockchain-a financial technology for future sustainable development. In *2016 3rd International conference on green technology and sustainable development (GTSD)* (pp. 51-54). IEEE.

Perset, Karine. "The economic and social role of Internet intermediaries." (2010).

Puthal, D., Malik, N., Mohanty, S. & Kougianos, E. & Yang, C. (2018). Everything You Wanted to Know About the Blockchain: Its Promise, Components, Processes, and Problems. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 7(2), 18-21.

Reid, F. & Harrigan, M. (2011). *An Analysis of Anonymity in the Bitcoin System, Security and Privacy in Social Networks*. [em linha]. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1107.4524.pdf>. Acedido a 1 de outubro de 2019.

Reisman, R. (2019). *Air Traffic Management Blockchain Infrastructure for Security, Authentication, and Privacy*. Moffett Field, CA: NASA Ames Research Center.

Retamal, Carlos Dolader, Joan Bel Roig, and José Luis Muñoz Tapia. "La blockchain: fundamentos, aplicaciones y relación con otras tecnologías disruptivas." *Economía industrial* 405 (2017): 33-40.

Revin, V. & Shevcheko, Y. (2019). The Opportunities and Challenges of Implementation of Blockchain in Aviation Industry. *Young Scientist*, 4(68), 206-209.

Saltoğlu, R., Humaira, N., & İnalhan, G. (2016). Aircraft scheduled airframe maintenance and downtime integrated cost model. *Advances in operations research*, 2016.

Santonino, M., Koursaris, C., Williams, M. (2018). Modernizing the Supply Chain of Airbus by Integrating RFID and Blockchain Processes. *International Journal of Aviation Aeronautics and Aerospace*, 5(4), 1 – 18.

Tapscott, Don, and Alex Tapscott. "The impact of the blockchain goes beyond financial services." *Harvard Business Review* 10 (2016): 2-5.

Treleaven, P., Brown, R. G., & Yang, D. (2017). Blockchain technology in finance. *Computer*, 50(9), 14-17.

Turpin, J. (2014). Bitcoin: The Economic Case for a Global, Virtual Currency Operating in an Unexplored Legal Framework. *Indiana Journal of Global Legal Studies*, 21 (1), 335–368.

Verma, M. (2018). Application of hybrid blockchain and cryptocurrency in aviation. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 4 (5), 819 – 824.

Walport; M. (2016). *Distributed Ledger Technology: beyond block chain - A report by the UK Government Chief Scientific Adviser. Information Policy Team*. London: The National Archives.

Walton, J. (2014). Cryptocurrency Public Policy Analysis. *SSRN Electronic Journal*, 1–24.

Wang, S., Ouyang, L., Yuan, Y., Ni, X., Han, X., & Wang, F. Y. (2019). Blockchain-enabled smart contracts: architecture, applications, and future trends. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 49(11), 2266-2277.

Wiatr, M. (2014). *Bitcoin as a Modern Financial Instrument*. [em linha]. Disponível em: <https://rep.polessu.by/bitstream/123456789/5570/1/30.pdf>. Acedido a 2 de outubro de 2019.

Wickboldt, C. (2019). Benchmarking a Blockchain-based Certification Storage System. *Diskussionsbeiträge*, 5, 1-30.

Wickboldt, C. & Kliewer, N. (2019). *Blockchain for Workshop Event Certificates – A Proof of Concept in the Aviation Industry*, In Proceedings of the 27th European Conference on Information Systems (ECIS), Stockholm & Uppsala, Sweden, June 8-14, 2019.

Wiatr, Mateusz. "Bitcoin as a modern financial instrument." (2014).

Xia, Q., Sifah, E., Asamoah, K., Gao, J., Du, X. & Guizani, M. (2017). MeDShare: Trust-Less Medical Data Sharing among Cloud Service Providers via Blockchain. *IEEE Access*, 5, 14757–14767.

Zemlyanskii, V. & Zakrevskiy, O. (2018). *New way of ownership on intellectual property objects of Avionic based on Blockchain technology*. Kiev: National Aviation Iniversity.

ANEXOS

ANEXO I – RESULTADOS DOS CRUZAMENTOS – FONTES NÃO UTILIZADAS E UTILIZADAS

Como referido no capítulo 4, a pesquisa das palavras-chave nas bases de dados Scopus, ResearchGate, OpenAir que permitiram a extração de 397 artigos conforme identificados neste anexo.

Na segunda fase foram aplicados os seguintes critérios de exclusão:

- Artigos que relatavam a aplicação da tecnologia blockchain a outras áreas que não a aviação;
- Artigos sobre o setor da aviação sem referências à aplicação da tecnologia blockchain;
- Artigos não disponíveis na íntegra.

A tabela seguinte ilustra os artigos excluídos de suas respectivas bases de dados.

ReserchGate	OpenAir	SCOPUS	Pesquisa Livre
155	118	73	32

BASE DE DADOS RESEARCH GATE

BLOCKCHAIN AND AVIATION OR AIRPORT

1 Calvaresi, D., Leis, M., Dubovitskaya, A., Schegg, R., & Schumacher, M. (2019). Trust in tourism via blockchain technology: results from a systematic review. In *Information and communication technologies in tourism 2019* (pp. 304-317). Springer, Cham.

2 Attaran, M., & Gunasekaran, A. (2019). Blockchain-enabled technology: the emerging technology set to reshape and decentralise many industries. *International Journal of Applied Decision Sciences*, 12(4), 424-444.

- 3 Phung, S. P., & Raju, V. (2020). Utility of Blockchains in Publishing Sector: Focus on Academic Publishing. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(2).
- 4 Awwad, M., Kalluru, S. R., Airpulli, V. K., Zambre, M. S., Marathe, A., & Jain, P. (2018). Blockchain Technology for Efficient Management of Supply Chain. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 440-449).
- 5 Matulevičius, R., Norta, A., Udokwu, C., & Nõukas, R. (2016, November). Security risk management in the aviation turnaround sector. In *International Conference on Future Data and Security Engineering* (pp. 119-140). Springer, Cham.
- 6 Shah, D., & Shay, E. (2019). How and Why Artificial Intelligence, Mixed Reality and Blockchain.
- 7 Shah, D., & Shay, E. (2018). How and Why Artificial Intelligence, Mixed Reality and Blockchain Technologies Will Change Marketing We Know Today. *Handbook of Advances in Marketing in an Era of Disruptions: Essays in Honour of Jagdish N. Sheth*, 377.
- 8 de Oliveira, Í. R., & Leones, J. L. RESILIENT TRAJECTORY-BASED OPERATIONS AND AIRLINE SLOT ALLOCATIONS.
- 9 Ogunsina, K. E., Davendralingam, N., Billionis, I., & DeLaurentis, D. A. (2019). Dimensionality Reduction in a Data-Driven Model for Airline Disruption Management. In *AIAA Scitech 2019 Forum* (p. 0403).
- 10 Jani, S. (2018). An Overview of Ripple Technology & its Comparison with Bitcoin Technology.
- 11 Noukas, R. (2017). Assessment of Aviation Security Risk Management for Airline Turnaround Processes. *Transactions on Large-Scale Data-and Knowledge-Centered Systems XXXVI: Special Issue on Data and Security Engineering*, 10720, 109.
- 12 Mohamed, H., & Ali, H. (2018). *Blockchain, Fintech, and Islamic finance: Building the future in the new Islamic digital economy*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.

- 13 Chamola, V., Hassija, V., Gupta, V., & Guizani, M. (2020). A Comprehensive Review of the COVID-19 Pandemic and the Role of IoT, Drones, AI, Blockchain, and 5G in Managing its Impact. *IEEE Access*, 8, 90225-90265.
- 14 Jani, S. (2018). The Growth of Crypto currency in India: Its Challenges& Potential Impacts on Legislation. *Research gate publication*.
- 15 Idé, T. (2018, November). Collaborative anomaly detection on blockchain from noisy sensor data. In *2018 IEEE International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW)* (pp. 120-127). IEEE.
- 16 Selva, D., Golkar, A., Korobova, O., Cruz, I. L. I., Collopy, P., & de Weck, O. L. (2017). Distributed earth satellite systems: What is needed to move forward?. *Journal of Aerospace Information Systems*, 14(8), 412-438.
- 17 Marzano, G., Grewinski, M., Lizut, J., & Kawa, M. Labor Market Challenges in the Digital Era.
- 18 da Silva, L. M. (2018). *Engineering Research* (Doctoral dissertation, Universidade de Taubaté).
- 19 Jović, M., Tijan, E., Aksentijević, S., & Žgaljić, D. Disruptive innovations in electronic transportation management systems.
- 20 Harold, S., & Irene, B. D. (2018). National strategy of digital cryptographic currency-digital bitcoin decentralized through the internet. *MOJ App Bio Biomech*, 2(6), 324-332.
- 21 Raju, R. D. (2019). Comprehensive mineral-exploration/exploitation of ore deposits, with some new techniques, value-addition and creation of wealth from waste. *Journal of Applied Geochemistry*, 21(4), 411-427.
- 22 Phillips, F., Yu, C. Y., Hameed, T., & El Akhdary, M. A. (2017). The knowledge society's origins and current trajectory. *International Journal of Innovation Studies*, 1(3), 175-191.
- 23 Giusti, R., Manerba, D., Bruno, G., & Tadei, R. (2019). Synchronodal logistics: An overview of critical success factors, enabling technologies, and open research

issues. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129, 92-110.

24 Van Den Brink, S., Kleijn, R., Tukker, A., & Huisman, J. (2019). Approaches to responsible sourcing in mineral supply chains. *Resources, Conservation and Recycling*, 145, 389-398.

25 Bodrov, V., Lazebnyk, L., Hurochkina, V., & Lisova, R. Conceptual Scheme of Digital Transformation of Business Model of Industrial Enterprises.

26 El-Dahshan, G. A. (2019, December). Ethics of Scientific Research in the Era of the Fourth Industrial Revolution". In *Lecture in Lecture in The international workshop on the ethics of scientific research" Ethics in Scientific Research methods, Place at Bayero University Kano (BUK), Nigeria* (Vol. 9).

27 Wagg, D. J., Worden, K., Barthorpe, R. J., & Gardner, P. (2020). Digital Twins: State-of-the-Art and Future Directions for Modeling and Simulation in Engineering Dynamics Applications. *ASCE-ASME J Risk and Uncert in Engrg Sys Part B Mech Engrg*, 6(3).

28 Sturm, C., Scalanczi, J., Schöning, S., & Jablonski, S. (2019). A Blockchain-based and resource-aware process execution engine. *Future Generation Computer Systems*, 100, 19-34.

29 Ilyin, A. V., & Ilyin, V. D. (2018). Situational management: review of the results relevant to the development of online services for e-government and e-business. *Informacionnnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy [Journal of Information Technologies and Computing Systems]*, 4, 45-54.

30 Schepers, T., & Rammelt, S. (2019). The burden of predatory journal and congress requests in foot and ankle surgery. *Fuß & Sprunggelenk*, 17(2), 61-67.

31 Singh, S., Chauhan, A., & Dhir, S. (2019). Analyzing the startup ecosystem of India: a Twitter analytics perspective. *Journal of Advances in Management Research*.

32 Hastig, G. M., & Sodhi, M. S. (2020). Blockchain for supply chain traceability: Business requirements and critical success factors. *Production and Operations Management*, 29(4), 935-954.

- 33 Durovic, M., & Janssen, A. (2019). The formation of smart contracts and beyond: Shaking the fundamentals of contract law. *Smart Contracts and Blockchain Technology: Role of Contract Law*, (L. DiMatteo, M. Cannarsa & C. Poncibo eds Cambridge University Press 2019)(forthcoming), <https://www.researchgate.net/publication/327732779>.
- 34 Hannigan, P. S. (2019). *Self-Sovereign Identity in Digitalized Border Security* (Doctoral dissertation, Edinburgh Napier University).
- 35 Nanjundarao, R. S. S., & Satish, S. Paradigm shift in Unmanned Aerial Vehicle (UAV) design—Design Freedom for multi-payload delivery systems, enabled by Additive Manufacturing.
- 36 Phillips, F., Yu, C. Y., Hameed, T., & El Akhdary, M. A. (2017). International Journal of Innovation Studies.
- 37 AKDUR, D. A Survey on Bridging the Gap between Software Industry and Academia: Preliminary Results.
- 38 Hua, F., & Ezzi, A. The Present Trends and Challenges in Renewable Energy Sources Connected to a Grid.
- 39 Wickboldt, C., & Kliwer, N. (2019). Blockchain for workshop event certificates—a proof of concept in the aviation industry.
- 40 Madhwal, Y., & Panfilov, P. B. (2017). Blockchain and supply chain management: aircrafts'parts'business case. *Annals of DAAAM & Proceedings*, 28.
- 41 Bonomo, I. S., Barbosa, I. R., Monteiro, L., Bassetto, C., de Barros Barreto, A., Borges, V. R., & Weigang, L. (2018, November). Development of swim registry for air traffic management with the blockchain support. In *2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 3544-3549). IEEE.
- 42 Pilkington, M., Crudu, R., & Grant, L. G. (2017). Blockchain and bitcoin as a way to lift a country out of poverty-tourism 2.0 and e-governance in the Republic of Moldova. *International Journal of Internet Technology and Secured Transactions*, 7(2), 115-143.

- 43 Nadeem, S. N. (2018). Can blockchain disrupt the traditional airline distribution for the better? If so, what are the benefits of this new technology, and how can it be implemented.
- 44 Kizildag, M., Dogru, T., Zhang, T. C., Mody, M. A., Altin, M., Ozturk, A. B., & Ozdemir, O. (2019). Blockchain: A paradigm shift in business practices. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*.
- 45 Deshpande, V., George, L., & Badis, H. (2019, September). Safe: A blockchain and secure element based framework for safeguarding smart vehicles. In *2019 12th IFIP Wireless and Mobile Networking Conference (WMNC)* (pp. 181-188). IEEE.
- 46 Veuger, J. (2017). Attention to disruption and blockchain creates a viable real estate economy. *Journal of US-China Public Administration*, 14(5), 263-285.
- 47 Harvey Reeda, M. Blockchain Enabled Space Traffic Awareness (BESTA): Automated Discovery of Anomalous Behavior Harvey Reeda, Mr. Nathaniel Dailey, MPAP, CEAb, Robert Cardenc, Dave Brysond.
- 48 Udokwu, C. Securing Cross-Organizational Business Process With Blockchain Enabled Smart Contract.
- 49 Matulevičius, R., Norta, A., Udokwu, C., & Nõukas, R. (2016, November). Security risk management in the aviation turnaround sector. In *International Conference on Future Data and Security Engineering* (pp. 119-140). Springer, Cham.
- 50 Udokwu, C. Deriving and Formalizing Requirements of Decentralized Applications for Inter-Organizational Collaborations on Blockchain.
- 51 Sasikala, S., Neeba, E. A., Suresh, A., Raj, P., & Chakravarthy, M. H. Ample Feature Selection Algorithm for Efficient Prediction of Main Causes of Aviation Accident using Tree based Classifiers.
- 52 Toyoda, K., Shakeri, M., Chi, X., & Zhang, A. N. (2019, December). Performance Evaluation of Ethereum-based On-chain Sensor Data Management Platform for Industrial IoT. In *2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* (pp. 3939-3946). IEEE.
- 53 Robinson, F. Dimensions of Collaborative Innovation.

54 Kasatkin, M. (2019). Applied Artificial Intelligence for Air Navigation Sociotechnical System Development. *Archived Volume*, 454.

55 Dietricha, F., Palma, D., & Louwb, L. Smart contract based framework to increase transparency of manufacturing networks.

“Blockchain” AND “Aviation” AND “Airports” AND “Airplanes”

56 Bonomo, I. S., Barbosa, I. R., Monteiro, L., Bassetto, C., de Barros Barreto, A., Borges, V. R., & Weigang, L. (2018, November). Development of swim registry for air traffic management with the blockchain support. In *2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 3544-3549). IEEE.

57 Vermaa, A., & Shuklab, V. Analyzing the influence of IoT in Tourism Industry.

58 Pallotta, V., & Campisi, D. The Neglected Value: What Makes A Value Proposition Relevant To Customers?. *Challenging the Status Quo in Management and Economics*, 757.

59 Hassanien, A. E. Ahmad Taher Azar· Tarek Gaber· Diego Oliva· Fahmy M. Tolba Editors.

60 Shiller, R. J. We cannot wait until there are massive dislocations in our society to prepare for the Fourth Industrial Revolution.

“Blockchain” AND “Aviation sector” OR “Aviation Industry”

61 Wickboldt, C., & Kliewer, N. (2019). Blockchain for workshop event certificates—a proof of concept in the aviation industry.

62 Madhwal, Y., & Panfilov, P. B. (2017). Blockchain And Supply Chain Management: Aircrafts'parts'business Case. *Annals of DAAAM & Proceedings*, 28.

63 Rana, S. (2018). Managing businesses relevance beyond technology.

64 Sharma, S., Kishore, K., & India1&2, S. H. (2017). Internet of Things (IoT): A Review of Integration of Precedent, Existing & Inevitable Technologies. *AGU International Journal of Engineering and Technology*, 4, 2455-0442.

65 Sumathi, N., Sowmya, R., & Sudhan, R. H. Modern Techniques for Enhancing the Safety and Security in Airports.

- 66 Lamtzidis, O., & Gialelis, J. (2018, December). An IOTA based distributed sensor node system. In *2018 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)* (pp. 1-6). IEEE.
- 67 Calvaresi, D., Leis, M., Dubovitskaya, A., Schegg, R., & Schumacher, M. (2019). Trust in tourism via blockchain technology: results from a systematic review. In *Information and communication technologies in tourism 2019* (pp. 304-317). Springer, Cham.
- 68 Sasikala, S., Neeba, E. A., Suresh, A., Raj, P., & Chakravarthy, M. H. Ample Feature Selection Algorithm for Efficient Prediction of Main Causes of Aviation Accident using Tree based Classifiers.
- 69 Vermaa, A., & Shuklab, V. Analyzing the influence of IoT in Tourism Industry.
- 70 Nadeem, S. N. (2018). Can blockchain disrupt the traditional airline distribution for the better? If so, what are the benefits of this new technology, and how can it be implemented.
- 71 Dietricha, F., Palma, D., & Louwb, L. Smart contract based framework to increase transparency of manufacturing networks.
- 72 Canbey-Özgüler, V., Çabuk, S. N., & Zibel, A. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BUSINESS AND ECONOMICS.
- 73 Phansalkar, S., Kamat, P., Ahirrao, S., & Pawar, A. Decentralizing AI Applications With Block Chain.
- 74 Karaman, A. S., Kilic, M., & Uyar, A. (2018). Sustainability reporting in the aviation industry: worldwide evidence. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*.
- 75 Broekel, T., & Boschma, R. (2012). Knowledge networks in the Dutch aviation industry: the proximity paradox. *Journal of Economic Geography*, 12(2), 409-433.
- 76 Turnbull, P., Blyton, P., & Harvey, G. (2004). Cleared for take-off? Management-labour partnership in the European civil aviation industry. *European Journal of Industrial Relations*, 10(3), 287-307.

- 77 Barry, M., & Nienhueser, W. (2010). Coordinated market economy/liberal employment relations: low cost competition in the German aviation industry. *The International Journal of Human Resource Management*, 21(2), 214-229.
- 78 Wong, K., Rudd, C., Pickering, S., & Liu, X. (2017). Composites recycling solutions for the aviation industry. *Science China Technological Sciences*, 60(9), 1291-1300.
- 79 Kathiravan, C., Selvam, M., Maniam, B., & Venkateswar, S. (2019). Relationship between crude oil price changes and airlines stock price: The case of Indian aviation industry. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(5), 7-13.
- 80 Harvey, G., & Turnbull, P. (2015). Can labor arrest the “sky pirates”? Transnational trade unionism in the European civil aviation industry. *Labor History*, 56(3), 308-326.
- 81 Abbas, S., Li, F., & Qiu, J. (2018). A review on SHM techniques and current challenges for characteristic investigation of damage in composite material components of aviation industry. *Materials Performance and Characterization*, 7(1), 224-258.
- 82 Dubinskii, S. V., & Safonov, A. A. (2017). Composite-friendly approach to certification of advanced materials and fabrication methods used in aviation industry. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*, 46(5), 501-506.
- 83 Mukhezakule, M., & Tefera, O. (2019). The relationship between corporate strategy, strategic leadership and sustainable organisational performance: Proposing a conceptual framework for the south african aviation industry. *African Journal of Hospitality, Tourism and Leisure*, 8(3), 1-19.
- 84 Wacławski, E., & Noone, P. (2017). Are aviation industry fatigue risk management strategies needed in healthcare?. *Anaesthesia*, 72(11), 1417-1419.
- 85 Machnik-Słomka, J. (2017). Entrepreneurship of aviation industry in the perspective of sustainable development. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 17, 301-308.
- 86 Mehta, P. (2015). Aviation waste management: An insight. *International Journal of Environmental Sciences*, 6(1), 179-186.

- 87 Belyaeva, Z. (2015). CSR in the Russian aviation industry: the winds of change. *Strategic Direction*, 31(8), 7-9.
- 88 Qasim, S., & Zafar, A. (2016). Information System Strategy for Total Quality Management (TQM) in Aviation Industry. *International Journal of Computer Applications*, 975, 8887.
- 89 Satpathy, I., Patnaik, B. C. M., & Kumar, S. (2017). Indian aviation industry: An overview. *International Journal of Academic Research and Development*, 2, 802-805.
- 90 Zanetti, A., Sabatini, R., & Gardi, A. (2016). Introducing green life cycle management in the civil aviation industry: the state-of-the-art and the future. *International Journal of Sustainable Aviation*, 2(4), 348-380.
- 91 Choudhuri, S., Dixit, R., & Tiwari, R. (2015). Issues And• Challenges Of Indian Aviation Industry: A Case Study. *Pezzottaite Journals*, 4(1), 1557-1562.
- 92 Yan, W. Q., Zhu, Y. M., & Ahmad, N. (2016, December). Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) based contradiction resolution strategies for Shaanxi Aviation Industrial Upgrading. In *2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 1111-1115). IEEE.
- 93 Bratu, V., Popescu, I. N., Stoian, E. V., Ungureanu, D. N., Rusanescu, C. O., Toma, L. G., & Voicu, A. C. (2015). Casting and Homogenization of AlCu3. 3Mg1. 5Mn Alloy for Aircraft Industry. In *Advanced Materials Research* (Vol. 1128, pp. 44-50). Trans Tech Publications Ltd.
- 94 Antuniassi, U. R. (2015). Evolution of agricultural aviation in brazil. *Outlooks on Pest Management*, 26(1), 12-15.
- 95 Tokgoz, N., & Erdogan, D. Information Technology Outsourcing Reasons in Aviation Industry. In *Proceedings of 39th International Business Research Conference* (pp. 15-16).
- 96 Singh, A. K. (2016). Competitive service quality benchmarking in airline industry using AHP. *Benchmarking: An International Journal*.
- 97 Stedmon, A. W., Grant, R., Harris, D., Legg, S., Scott, S., Richards, D., ... & Blundell, J. (2018, August). Taking to the skies: Developing a dedicated MSc course in Aviation

Human Factors. In *Congress of the International Ergonomics Association* (pp. 57-61). Springer, Cham.

98 Armatli Köroğlu, B., & Özelçi Ecerel, T. (2017). Rethinking Space in Production Networks: Network Centrality and R&D Activities in Ankara Defense and Aviation Cluster. *Gazi University Journal of Science*, 30(2).

99 Rahman, N. A. A., Kadir, S. A., Mohammad, M. F., & Moin, M. I. A. (2017). Higher Tvet Educationin Aviation: Teaching Quality And A Master Key To Industry 4.0. *International Journal of Education*, 2(5), 44-53.

100 Uysal, M. P., & Sögüt, M. Z. (2016, May). A systematic mapping study on aviation information systems and sustainability. In *Proceedings of the International Symposium on Sustainable Aviation, Istanbul, Turkey*.

101 Negri, N. A. R., & Borille, G. M. R. Avaliação Da Influência de Novas Tecnologias em Terminais De Passageiros Aeroportuários sob a Ótica dos Passageiros.

102 Martí, A. M. (2018). Hacia la PAC a 27: la Comunicación de la Comisión de noviembre de 2017 y su contexto. *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*, (250), 15-91.

“Blockchain” AND “Aviation sector” AND “Aviation Industry”

103 Madhwal, Y., & Panfilov, P. B. (2017). BLOCKCHAIN AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: AIRCRAFTS'PARTS'BUSINESS CASE. *Annals of DAAAM & Proceedings*, 28.

104 Matulevičius, R., Norta, A., Udokwu, C., & Nõukas, R. (2016, November). Security risk management in the aviation turnaround sector. In *International Conference on Future Data and Security Engineering* (pp. 119-140). Springer, Cham.

105 Rana, S. (2018). Managing businesses relevance beyond technology.

“Blockchain” AND “Aviation” OR “Airplanes”

- 106 Madhwal, Y., & Panfilov, P. B. (2017). Blockchain And Supply Chain Management: Aircrafts'parts'business Case. *Annals of DAAAM & Proceedings*, 28.
- 107 Wickboldt, C., & Kliewer, N. (2019). Blockchain for workshop event certificates—a proof of concept in the aviation industry.
- 108 Bonomo, I. S., Barbosa, I. R., Monteiro, L., Bassetto, C., de Barros Barreto, A., Borges, V. R., & Weigang, L. (2018, November). Development of swim registry for air traffic management with the blockchain support. In *2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 3544-3549). IEEE.
- 109 Treiblmaier, H. (2020). Blockchain and Tourism. *Handbook of e-Tourism*, 1-21.
- 110 Bajwa, N., Prewett, K., & Shavers, C. L. (2020). Is your supply chain ready to embrace blockchain?. *Journal of Corporate Accounting & Finance*, 31(2), 54-64.
- 111 Valeri, M., & Baggio, R. (2020). A critical reflection on the adoption of blockchain in tourism. *Information Technology & Tourism*, 1-12.
- 112 Nadeem, S. N. (2018). Can blockchain disrupt the traditional airline distribution for the better? If so, what are the benefits of this new technology, and how can it be implemented.
- 113 Calvaresi, D., Leis, M., Dubovitskaya, A., Schegg, R., & Schumacher, M. (2019). Trust in tourism via blockchain technology: results from a systematic review. In *Information and communication technologies in tourism 2019* (pp. 304-317). Springer, Cham.
- 114 Harvey Reeda, M. Blockchain Enabled Space Traffic Awareness (BESTA): Automated Discovery of Anomalous Behavior Harvey Reeda, Mr. Nathaniel Dailey, MPAP, CEAb, Robert Cardenc, Dave Brysond.
- 115 Pilkington, M., Crudu, R., & Grant, L. G. (2017). Blockchain and bitcoin as a way to lift a country out of poverty-tourism 2.0 and e-governance in the Republic of Moldova. *International Journal of Internet Technology and Secured Transactions*, 7(2), 115-143.

- 116 Kizildag, M., Dogru, T., Zhang, T. C., Mody, M. A., Altin, M., Ozturk, A. B., & Ozdemir, O. (2019). Blockchain: A paradigm shift in business practices. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*.
- 117 Awwad, M., Kalluru, S. R., Airpulli, V. K., Zambre, M. S., Marathe, A., & Jain, P. (2018). Blockchain Technology for Efficient Management of Supply Chain. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 440-449).
- 118 Deshpande, V., George, L., & Badis, H. (2019, September). Safe: A blockchain and secure element based framework for safeguarding smart vehicles. In *2019 12th IFIP Wireless and Mobile Networking Conference (WMNC)* (pp. 181-188). IEEE.
- 119 Matulevičius, R., Norta, A., Udokwu, C., & Nõukas, R. (2016, November). Security risk management in the aviation turnaround sector. In *International Conference on Future Data and Security Engineering* (pp. 119-140). Springer, Cham.
- 120 Udokwu, C. Securing cross-organizational business process with blockchain enabled smart contract.
- 121 Veuger, J. (2017). Attention to disruption and blockchain creates a viable real estate economy. *Journal of US-China Public Administration*, 14(5), 263-285.
- 122 Sasikala, S., Neeba, E. A., Suresh, A., Raj, P., & Chakravarthy, M. H. Ample Feature Selection Algorithm for Efficient Prediction of Main Causes of Aviation Accident using Tree based Classifiers.
- 123 ŞEN, O., & AKARSLAN, H. Use of Blockchain Technology in the Financing of DEASH.
- 124 Udokwu, C. Deriving and Formalizing Requirements of Decentralized Applications for Inter-Organizational Collaborations on Blockchain.
- 125 Tham, A., & Sigala, M. (2020). Road block (chain): bit (coin) s for tourism sustainable development goals?. *Journal of Hospitality and Tourism Technology*.
- 126 Toyoda, K., Shakeri, M., Chi, X., & Zhang, A. N. (2019, December). Performance Evaluation of Ethereum-based On-chain Sensor Data Management Platform for

Industrial IoT. In *2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* (pp. 3939-3946). IEEE.

127 Kasatkin, M. (2019). Applied Artificial Intelligence for Air Navigation Sociotechnical System Development. *Archived Volume*, 454.

128 Dietricha, F., Palma, D., & Louwb, L. Smart contract based framework to increase transparency of manufacturing networks.

129 Sumathi, N., Sowmya, R., & Sudhan, R. H. Modern Techniques for Enhancing the Safety and Security in Airports.

130 Chao, H., Maheshwari, A., Sudarsanan, V., Tamaskar, S., & DeLaurentis, D. A. (2018). Uav traffic information exchange network. In *2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference* (p. 3347).

131 Rana, S. (2018). Managing businesses relevance beyond technology.

132 Robinson, F. Dimensions of Collaborative Innovation.

133 Lamtzidis, O., & Gialelis, J. (2018, December). An IOTA based distributed sensor node system. In *2018 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)* (pp. 1-6). IEEE.

134 Canbey-Özgüler, V., Çabuk, S. N., & Zibel, A. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BUSINESS AND ECONOMICS.

135 Bailey, D. E. (2017). CHAPTER SEVENTEEN Virternity: Start-over of the Virternity space worldwide network. Virternity will become everyday practice of work and leisure in the developed countries. *Virternity*, 114.

136 Konstantinova, S. DIGITAL TRANSFORMATION IN TOURISM. *SCIENTIFIC PAPERS VOL. 35.1*, 188.

137 JOVIĆ, M., TIJAN, E., AKSENTIJEVIĆ, S., & ŽGALIĆ, D. Disruptive innovations in electronic transportation management systems.

138 Blasch, E., Sabatini, R., Roy, A., Kramer, K. A., Andrew, G., Schmidt, G. T., ... & Fasano, G. (2019, September). Cyber Awareness Trends in Avionics. In *2019 IEEE/AIAA 38th Digital Avionics Systems Conference (DASC)* (pp. 1-8). IEEE.

139 Prause, G. Smart Contracts for Cooperative Governance.

- 140 Sharma, S., Kishore, K., & India1&2, S. H. (2017). Internet of Things (IoT): A Review of Integration of Precedent, Existing & Inevitable Technologies. *AGU International Journal of Engineering and Technology*, 4, 2455-0442.
- 141 de Oliveira, Í. R., & Leones, J. L. RESILIENT TRAJECTORY-BASED OPERATIONS AND AIRLINE SLOT ALLOCATIONS.
- 142 Liss, F. FAKULTÄT FÜR INFORMATIK.
- 143 Krozel, J., Andrisani, D., Ayoubi, M., Hoshizaki, T., & Schwalm, C. (2004). Aircraft ADS-B data integrity check. In *AIAA 4th Aviation Technology, Integration and Operations (ATIO) Forum* (p. 6263).
- 144 Phansalkar, S., Kamat, P., Ahirrao, S., & Pawar, A. Decentralizing AI Applications With Block Chain.
- 145 Almasri, A. M. F. The effect of Bitcoin on E-Commerce.
- 146 Pastor, M., & Feneratorius, D. (2019). Looking Backward 2143-1943: The Rise and Fall of the RCT. *Value in Health*, 22(5), 607-610.
- 147 Alarcon, M., Albayyari, J., Alnaim, M., Alruwaili, M., Alsaaty, F. M., Alvarado, J., ... & Bender, M. A. Advertising Volatility And Profit Persistence: How The SequentialPattern Of Advertising Spending Influences Profit Persistence. 2018 IACB, ICE, ICTE, & ISEC Proceedings.
- 148 Hernandez-de-Menendez, M., Díaz, C. E., & Morales-Menendez, R. (2019). Technologies for the future of learning: state of the art. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 1-13.
- 149 Vlăsceanu, C. F., & Țigu, G. (2020). COMPETITIVENESS IN GLOBAL HOSPITALITY AND CRUISING INDUSTRY. *New Trends in Sustainable Business and Consumption*, 1117.
- 150 Yanying, Y., Mo, H., & Haifeng, L. (2019). A Classification Prediction Analysis of Flight Cancellation Based on Spark. *Procedia Computer Science*, 162, 480-486.
- 151 Vermaa, A., & Shuklab, V. Analyzing the influence of IoT in Tourism Industry.
- 152 Casadiego, Y. A. S. Importancia de las estaciones meteorológicas para la toma de decisiones en la agricultura.

153 Castro, L. E. G. Un cambio de enfoque para la evaluación de riesgos operacionales de bancos en entornos altamente digitalizados.

154 Mantelli, F. M. Blockchain E Smart Contracts: Transações Peer-To-Peer Para Comercialização De Energia Elétrica De Microrredes.

155 Negri, N. A. R., & Borille, G. M. R. Avaliação Da Influência De Novas Tecnologias Em Terminais De Passageiros Aeroportuários Sob A Ótica Dos Passageiros.

BASE DE DADOS OPEN AIR

“Blockchain” AND “Aviation” AND “Airports” AND “Airplanes”

1. Fujiwara, D., Lawton, R. N., & MacKerron, G. (2017). Experience sampling in and around airports. Momentary subjective wellbeing, airports, and aviation noise in England. *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 56, 43–54.

2. Torija, A. J., Self, R. H., & Flindell, I. H. (2017). A model for the rapid assessment of the impact of aviation noise near airports. *Journal of the Acoustical Society of America*, 141(2), 981–995.

3. Grubestic, T. H., Fuellhart, K., Wei, F., & O’Connor, K. (2017). Regional perspectives on general aviation and reliever airports: A case study of the Phoenix metropolitan area. *Regional Science Policy and Practice*, 9(2), 101–120.

4. Feinberg, S. N., Heiken, J. G., Valdez, M. P., Lyons, J. M., & Turner, J. R. (2016). Modeling of Lead Concentrations and Hot Spots at General Aviation Airports. *Transportation Research Record*, 2569(2569), 80–87.

5. Hawkins, H. G., & Dillman, B. G. (2018). Evaluation of Midpoint Runway Marking for General Aviation Airports. *Transportation Research Record*, 2672(23), 106–116.

6. Yang, Z., Jingyu, Z., Ergai, Y., Dingliang, L., Zhengjiang, T., & Zhu, Y. (2017). Real-time kinematic decision-making method of ground services supporting of civil aviation airports.

7. Khatun, M., Mehrpouyan, H., Matolak, D., & Guvenc, I. (2017). Millimeter wave systems for airports and short-range aviation communications: A survey of the current channel models at mmWave frequencies. In 2017 IEEE/AIAA 36th Digital Avionics Systems Conference (DASC) (pp. 1–8).
8. Polater, A. (2018). Managing airports in non-aviation related disasters: A systematic literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 367–380.
9. Johnson, M. E., & Gu, Y. (2017). Estimating Airport Operations at General Aviation Airports Using the FAA NPIAS Airport Categories. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 4(1), 3.
10. Bhattacharyya, R. P., Pritchett, A. R., & German, B. J. (2017). Designing air traffic concepts of operation for thin-haul aviation at small airports. In 2017 IEEE/AIAA 36th Digital Avionics Systems Conference (DASC) (p. 8102000).
11. Humphries, E., & Lee, S.-J. (2015). Evaluation of Pavement Preservation and Maintenance Activities at General Aviation Airports in Texas: Practices, Perceived Effectiveness, Costs, and Planning. *Transportation Research Record*, 2471(2471), 48–57.
12. Duong, T., Todi, K. K., Chaudhary, U., & Truong, H.-L. (2019). Decentralizing Air Traffic Flow Management with Blockchain-based Reinforcement Learning. In 2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN) (pp. 1795–1800).
13. Freire, L. L. de A., & Silva, A. R. da. (2018). Using moran's I to plan potential regional aviation airports: The case of Brazil. *Transportes*, 26(1), 31–41.
14. Walters, W. (2017). Aviation as deportation infrastructure: airports, planes, and expulsion. *Journal of Ethnic and Migration Studies*, 44(2), 2796–2817.
15. Fasone, V., Kofler, L., & Scuderi, R. (2016). Business performance of airports: Non-aviation revenues and their determinants. *Journal of Air Transport Management*, 53, 35–45.
16. Schattat, K., & Budzynska, N. (2018). The Balancing Test for Operating Aid for Airports under the Aviation Guidelines 2014. *European State Aid Law Quarterly*, 17(3), 399–411.

17. Arabali, P., Sakhaeifar, M., Freeman, T. J., Wilson, B., & Borowiec, J. (2019). Concrete pavement preservation in general aviation airports management, 383–390.
18. Barmania, S. (2018). Improving the Health Impacts of Airports: Airport and Aviation Authorities Are Starting to Recognize That Airports Do Not Have to Be Unhealthy. *Bulletin of The World Health Organization*, 96(8), 518.
19. Lili, L., & Yue, H. (2019). Block chain-based aviation material information sharing method.
20. Zhenya, H., & Qi, T. (2019). Aviation aircraft maintenance data sharing method based on block chain and related equipment.
21. Qiang, Q. (2019). Aviation freight information management method and device based on block chain and electronic device.
22. Guiliang, M. (2018). Civil aviation customer information management system based on block chain.
23. Jun, L., Qing, Z., & Xin, L. (2019). Aviation delay risk processing method, device and apparatus based on block chain technology.
24. Jianwei, L., Zongyang, Z., Geng, L., Xiaobo, L., & Yizhong, L. (2018). Civil aviation flight data tamper-proofing recording method and apparatus based on block chain technology.
25. Feeney, P. J. (2016). System and method for block-chain verification of goods.
26. Kaixiang, Z., Lei, W., Ruibin, F., Daohe, L., Huiya, Y., Nan, M., & Xiaokang, S. (2016). Asset management method based on intelligent block chain contracts and nodes.
27. Hai, J., Jing, W., Haibin, Z., Zhengyong, Z., & Nan, H. (2016). Block chain identity construction and verification method.
28. Sijin, W., & Zhiwen, W. (2016). Block chain data comparison and consensus method.
29. Butian, H., Congli, W., Yi, W., Yunxiao, W., Weisai, Z., Daoming, M., & Yuance, S. (2016). Block chain-based evidence preservation method and apparatus.

“Blockchain” AND “Aviation” OR “Airports”

30. Lili, L., & Yue, H. (2019). Block chain-based aviation material information sharing method.
31. Tretheway, M. W., & Markhvida, K. (2013). Airports in the Aviation Value Chain: Financing, Returns, Risk and Investment. Roundtable on Expanding Airport Capacity under Constraints in Large Urban AreasInternational Transport Forum.
32. Barrett, S. D. (2005). The Role of Airports in the Transport Chain. Airports as Multimodal Interchange Nodes. Report of the One Hundred and Twenty Sixth Round Table on Transport EconomicsEuropean Conference of Ministers of Transport.
33. Zhenya, H., & Qi, T. (2019). Aviation aircraft maintenance data sharing method based on block chain and related equipment.
34. Qiang, Q. (2019). Aviation freight information management method and device based on block chain and electronic device.
35. Guiliang, M. (2018). Civil aviation customer information management system based on block chain.
36. Jun, L., Qing, Z., & Xin, L. (2019). Aviation delay risk processing method, device and apparatus based on block chain technology.
37. Jianwei, L., Zongyang, Z., Geng, L., Xiaobo, L., & Yizhong, L. (2018). Civil aviation flight data tamper-proofing recording method and apparatus based on block chain technology.
38. Feeney, P. J. (2016). System and method for block-chain verification of goods.
39. Kaixiang, Z., Lei, W., Ruibin, F., Daohe, L., Huiya, Y., Nan, M., & Xiaokang, S. (2016). Asset management method based on intelligent block chain contracts and nodes.

“Blockchain” AND “Aviation” OR “Airplanes”

40. Lili, L., & Yue, H. (2019). Block chain-based aviation material information sharing method.
41. Zhenya, H., & Qi, T. (2019). Aviation aircraft maintenance data sharing method based on block chain and related equipment.
42. Qiang, Q. (2019). Aviation freight information management method and device based on block chain and electronic device.
43. Guiliang, M. (2018). Civil aviation customer information management system based on block chain.
44. Jun, L., Qing, Z., & Xin, L. (2019). Aviation delay risk processing method, device and apparatus based on block chain technology.
45. Feeney, P. J. (2016). System and method for block-chain verification of goods.
46. Kaixiang, Z., Lei, W., Ruibin, F., Daohe, L., Huiya, Y., Nan, M., & Xiaokang, S. (2016). Asset management method based on intelligent block chain contracts and nodes.
47. Hai, J., Jing, W., Haibin, Z., Zhengyong, Z., & Nan, H. (2016). Block chain identity construction and verification method.

“Blockchain” AND “Aviation sector” OR “Aviation Industry”

48. Mocenco, D. (2015). SUPPLY CHAIN FEATURES OF THE AEROSPACE INDUSTRY PARTICULAR CASE AIRBUS AND BOEING. Scientific Bulletin – Economic Sciences, 14(2), 17–25.
49. Lili, L., & Yue, H. (2019). Block chain-based aviation material information sharing method.
50. Jun, L., Qing, Z., & Xin, L. (2019). Aviation delay risk processing method, device and apparatus based on block chain technology.

51. Zhenya, H., & Qi, T. (2019). Aviation aircraft maintenance data sharing method based on block chain and related equipment.
52. Qiang, Q. (2019). Aviation freight information management method and device based on block chain and electronic device.
53. Jianwei, L., Zongyang, Z., Geng, L., Xiaobo, L., & Yizhong, L. (2018). Civil aviation flight data tamper-proofing recording method and apparatus based on block chain technology.
54. Barrett, S. D. (2005). The Role of Airports in the Transport Chain. Airports as Multimodal Interchange Nodes. Report of the One Hundred and Twenty Sixth Round Table on Transport Economics European Conference of Ministers of Transport.
55. Feeney, P. J. (2016). System and method for block-chain verification of goods.
56. Smith, S. B. (2015). Method and system to use a block chain infrastructure and Smart Contracts to monetize data transactions involving changes to data included into a data supply chain.

“Blockchain” AND “Aviation sector” AND “Aviation Industry”

57. Dahlan, J. M., Samat, O., & Othman, A. A. (2015). Upgrading in Global Value Chain of Malaysian Aviation Industry. *Procedia. Economics and Finance*, 31(31), 839–845.
58. Socias, L. F. (2008). Team collaboration of the Northeast Air Defense Sector and Federal Aviation Administration during the September 11, 2001 attacks.
59. Badillo, T. S. (2018). Procurement Total Cost Analysis: A Supply Chain Strategy for the Aviation Industry.
60. Rab, S. (2007). The UK Office of Fair Trading and the Secretary of State for Trade and Industry clear a merger in the aviation defence sector subject to behavioural remedies relating to national security and security of supply issues (GE/Smiths Aerospace). *E-Competitions Bulletin*.

61. Cox, R. (2018). Successful Academic, Private, and Public Sector Collaboration: The Development of the Purdue - Colombia Aviation and Aerospace Network of Excellence.
62. Mocenco, D. (2015). SUPPLY CHAIN FEATURES OF THE AEROSPACE INDUSTRY PARTICULAR CASE AIRBUS AND BOEING. *Scientific Bulletin – Economic Sciences*, 14(2), 17–25.
63. Ayeni, P., Baines, T. S., Lightfoot, H., & Ball, P. D. (2011). State-of-the-art of ‘Lean’ in the aviation maintenance, repair, and overhaul industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 225(11), 2108–2123.
64. Baroutaji, A., Wilberforce, T., Ramadan, M., & Olabi, A. G. (2019). Comprehensive investigation on hydrogen and fuel cell technology in the aviation and aerospace sectors. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 106, 31–40.
65. Keivanpour, S., Kadi, D. A., & Mascle, C. (2015). End of life aircrafts recovery and green supply chain (a conceptual framework for addressing opportunities and challenges). *Management Research Review*, 38(10), 1098–1124.
66. Valdés, R. M. A., Burmaoglu, S., Tucci, V., Campos, L. M. B. da C., Mattera, L., & Comendador, V. F. G. (2019). Flight Path 2050 and ACARE Goals for Maintaining and Extending Industrial Leadership in Aviation: A Map of the Aviation Technology Space. *Sustainability*, 11(7), 2065.
67. Boikova, M., Gavrilov, S., & Gavrilicheva, N. (2009). Aviation of the Future. *Foresight and STI Governance (Foresight-Russia till No. 3/2015)*, 3(1), 4–15.
68. Rhoades, D. L. (2014). *Evolution of International Aviation: Phoenix Rising*. Third Edition.
69. Jeż, M. (2010). Polish Institute of Aviation in the European Research Area. *Prace Instytutu Lotnictwa*, 1–57.
70. Schilder, J. (2007). Redesign logistic system Schiphol Oost: Conceptual design of a maintenance supply chain and logistic system.
71. Alfalla-Luque, R., Medina-Lopez, C., & Schrage, H. (2013). A study of supply chain integration in the aeronautics sector. *Production Planning & Control*, 24, 769–784.

72. Martínez-Jurado, P. J., & Moyano-Fuentes, J. (2014). Lean Management and Supply Chain Management: Interrelationships in the Aerospace Sector, 1208–1242.
73. Shellard, I., Martin, A., & Dadley-Webb, J. (2007). Supply chain - Insights from the aerospace sector Globalisation naturally leads to extended supply chains but customer requirements depend on a fast response. How are these two disparate trends handled in the modern supply chain? *Manufacturing Engineer*, 86(1), 36–39.
74. Suffo, M., & Brome, R. C. (2018). Methodological proposal for the supply chain risk management within the aeronautical sector. *International Journal of Sustainable Aviation*, 4, 290.
75. Frischauf, N., Acosta-Iborra, B., Harskamp, F., Moretto, P., Malkow, T., Honselaar, M., ... Schautz, M. (2013). The hydrogen value chain: applying the automotive role model of the hydrogen economy in the aerospace sector to increase performance and reduce costs. *Acta Astronautica*, 88, 8–24.
76. Lei, Z., Andong, Y., Jun, L., Pengzhen, W., & Yan, C. (2019). A block chain-based data trading method for an aerospace TTC network.
77. Martinelli, E. M., & Christopher, M. (2019). 3D printing: enabling customer-centricity in the supply chain. *International Journal of Value Chain Management*, 10(2), 87.
78. Jun, L., Qing, Z., & Xin, L. (2019). Aviation delay risk processing method, device and apparatus based on block chain technology.
79. Zhenya, H., & Qi, T. (2019). Aviation aircraft maintenance data sharing method based on block chain and related equipment.
80. Guiliang, M. (2018). Civil aviation customer information management system based on block chain.
81. Jianwei, L., Zongyang, Z., Geng, L., Xiaobo, L., & Yizhong, L. (2018). Civil aviation flight data tamper-proofing recording method and apparatus based on block chain technology.
82. Feeney, P. J. (2016). System and method for block-chain verification of goods.

83. Hai, J., Jing, W., Haibin, Z., Zhengyong, Z., & Nan, H. (2016). Block chain identity construction and verification method.
84. Sijin, W., & Zhiwen, W. (2016). Block chain data comparison and consensus method.
85. Jun, L., Qing, Z., & Xin, L. (2019). Aviation delay risk processing method, device and apparatus based on block chain technology.
86. Zhenya, H., & Qi, T. (2019). Aviation aircraft maintenance data sharing method based on block chain and related equipment.
87. Guiliang, M. (2018). Civil aviation customer information management system based on block chain.
88. Jianwei, L., Zongyang, Z., Geng, L., Xiaobo, L., & Yizhong, L. (2018). Civil aviation flight data tamper-proofing recording method and apparatus based on block chain technology.
89. Feeney, P. J. (2016). System and method for block-chain verification of goods.
90. Hai, J., Jing, W., Haibin, Z., Zhengyong, Z., & Nan, H. (2016). Block chain identity construction and verification method.
91. Sijin, W., & Zhiwen, W. (2016). Block chain data comparison and consensus method.
92. Kaewunruen, S., Sussman, J. M., & Matsumoto, A. (2016). Grand Challenges in Transportation and Transit Systems. *Frontiers in Built Environment*, 2, 4.
93. Nikoleris, T., Gupta, G., & Kistler, M. (2011). Detailed estimation of fuel consumption and emissions during aircraft taxi operations at Dallas/Fort Worth International Airport. *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 16(4), 302–308.
94. Dobruszkes, F. (2013). The geography of European low-cost airline networks: A contemporary analysis. ULB Institutional Repository.

95. Antcliff, K. R., Moore, M. D., & Goodrich, K. H. (2016). Silicon Valley as an Early Adopter for On-Demand Civil VTOL Operations. In 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference.
96. Albalade, D., Bel, G., & Fageda, X. (2015). Competition and cooperation between high-speed rail and air transportation services in Europe. *Journal of Transport Geography*, 42, 166–174.
97. Albalade, D., & Fageda, X. (2016). High speed rail and tourism: Empirical evidence from Spain. *Transportation Research Part A-Policy and Practice*, 85, 174–185.
98. Stepanchuk, O., Bieliatynskyi, A., Pylypenko, O., & Stepanchuk, S. (2017). Surveying of Traffic Congestions on Arterial Roads of Kyiv City. *Procedia Engineering*, 187(187), 14–21.
99. Lindsay, K. S. (2015). Workload-Based Capacity for Air Traffic Management: *Transportation Research Record*, 2501(2501), 9–17.
100. Baker, D., Merkert, R., & Kamruzzaman. (2015). Regional aviation and economic growth: cointegration and causality analysis in Australia. *Journal of Transport Geography*, 43, 140–150.
101. Allroggen, F., Wittman, M. D., & Malina, R. (2015). How air transport connects the world – A new metric of air connectivity and its evolution between 1990 and 2012. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 80, 184–201.
102. Yeh, S., Mishra, G. S., Fulton, L., Kyle, P., McCollum, D. L., Miller, J., ... Teter, J. (2017). Detailed assessment of global transport-energy models' structures and projections. *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 55, 294–309.
103. Pyrgiotis, N., & Odoni, A. (2016). On the Impact of Scheduling Limits: A Case Study at Newark Liberty International Airport. *Transportation Science*, 50(1), 150–165.
104. Chen, Z. (2017). Impacts of high-speed rail on domestic air transportation in China. *Journal of Transport Geography*, 62, 184–196.
105. Wang, K., Xia, W., & Zhang, A. (2017). Should China further expand its high-speed rail network? Consider the low-cost carrier factor. *Transportation Research Part A-Policy and Practice*, 100(100), 105–120.

106. Hansman, R. J., & Vascik, P. (2017). Constraint Identification In On-Demand Mobility For Aviation Through An Exploratory Case Study Of Los Angeles. In 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference.
107. Fu, X., Lei, Z., Wang, K., & Yan, J. (2015). Low cost carrier competition and route entry in an emerging but regulated aviation market – The case of China. *Transportation Research Part A-Policy and Practice*, 79, 3–16.
108. Zhang, Q., Yang, H., & Wang, Q. (2017). Impact of high-speed rail on China's Big Three airlines. *Transportation Research Part A-Policy and Practice*, 98, 77–85.
109. Peeters, P., Higham, J., Kutzner, D., Cohen, S., & Gössling, S. (2016). Are technology myths stalling aviation climate policy. *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 44, 30–42.
110. D'Alfonso, T., Jiang, C., & Bracaglia, V. (2015). Would competition between air transport and high-speed rail benefit environment and social welfare? *Transportation Research Part B-Methodological*, 74, 118–137.
111. Kousoulidou, M., & Lonza, L. (2016). Biofuels in aviation: Fuel demand and CO2 emissions evolution in Europe toward 2030. *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 46, 166–181.
112. Vascik, P. D., Hansman, R. J., & Dunn, N. S. (2018). Analysis of Urban Air Mobility Operational Constraints. *Journal of Air Transportation*, 26(4), 133–146.
113. Updegrove, J. A., & Jafer, S. (2017). Optimization of Air Traffic Control Training at the Federal Aviation Administration Academy. *Aerospace*, 4(4), 50.
114. Nneji, V. C., Stimpson, A., Cummings, M., & Goodrich, K. H. (2017). Exploring Concepts of Operations for On-Demand Passenger Air Transportation. In 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference.
115. Vascik, P. D., & Hansman, R. J. (2017). Evaluation of Key Operational Constraints Affecting On-Demand Mobility for Aviation in the Los Angeles Basin: Ground Infrastructure, Air Traffic Control and Noise. In 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference.

116. Grubestic, T. H., Fuellhart, K., Wei, F., & O'Connor, K. (2017). Regional perspectives on general aviation and reliever airports: A case study of the Phoenix metropolitan area. *Regional Science Policy and Practice*, 9(2), 101–120.
117. Wilke, S., Majumdar, A., & Ochieng, W. Y. (2015). The impact of airport characteristics on airport surface accidents and incidents. *Journal of Safety Research*, 53, 63–75.
118. Vijver, E. V. de, Derudder, B., & Witlox, F. (2016). Air Passenger Transport and Regional Development: Cause and Effect in Europe. *Promet-Traffic & Transportation*, 28(2), 143–154.

BASE DE DADOS SCOPUS

“Blockchain” AND “Aviation” AND “Airports” AND “Airplanes”

1. Rajkov, D. (2018). Blockchain for aircraft spare part management: Evaluating the robustness of the Maintenance, Repair and Overhaul business model.
2. Duong, T., Todi, K. K., Chaudhary, U., & Truong, H. L. (2019, July). Decentralizing Air Traffic Flow Management with Blockchain-based Reinforcement Learning. In 2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN) (Vol. 1, pp. 1795-1800). IEEE.
3. TA, N. B. D., CHAUDHARY, U., & TRUONG, H. L. (2019). Decentralizing air traffic flow management with blockchain based reinforcement learning.
4. Cassar, R. (2018). Distributed Ledger Technology in the Airline Industry: Potential Applications and Potential Implications. *J. Air L. & Com.*, 83, 455.
5. Homola, D., Boril, J., Smrz, V., Leuchter, J., & Blasch, E. (2019). Aviation Noise-Pollution Mitigation Through Redesign of Aircraft Departures. *Journal of Aircraft*, 56(5), 1907-1919.

6. Yang, T. W., Na, J. H., & Ha, H. K. (2019). Comparative Analysis of Production Possibility Frontier in Measuring Social Efficiency with Data Envelopment Analysis: An Application to Airports. *Sustainability*, 11(7), 2181.
7. Andersson, M. (2017). The Role of Technology, Finance, and Regulatory Economics in Aviation Infrastructure Modernization. *Issues Aviation L. & Pol'y*, 17, 61.
8. Prevot, T., Rios, J., Kopardekar, P., Robinson III, J. E., Johnson, M., & Jung, J. (2016). UAS traffic management (UTM) concept of operations to safely enable low altitude flight operations. In *16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference* (p. 3292).
9. Patel, V. (2018). Airport passenger processing technology: a biometric airport journey.
10. Pelton, J. N., & Singh, I. B. (2019). Flexibility, Vision and Foresight in the Planning for Tomorrow's Smart City. In *Smart Cities of Today and Tomorrow* (pp. 203-223). Copernicus, Cham.
11. Yanying, Y., Mo, H., & Haifeng, L. (2019). A Classification Prediction Analysis of Flight Cancellation Based on Spark. *Procedia Computer Science*, 162, 480-486.
12. Vermaa, A., & Shuklab, V. Analyzing the influence of IoT in Tourism Industry.
13. Sciancalepore, S., & Di Pietro, R. (2019). SOS: Standard-compliant and packet loss tolerant security framework for ADS-B communications. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*.
14. Buchmann, N. (2019). *Strengthening trust in the identity life cycle: Enhancing electronic machine readable travel documents due to advances in security protocols and infrastructure* (Doctoral dissertation).
15. Ruiz Ayala, A. (2019). *Research in ATM procedures and en-route charges* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
16. Braeken, A. (2019). Holistic Air Protection Scheme of ADS-B Communication. *IEEE Access*, 7, 65251-65262.
17. Rumpf, M. (2019). An Innovation Approach Towards Sustainable Mobility in 2035.

18. De Freitas Martinez, A., & Mohamed, N. (2018). Managing Validation in a Safety Critical System Regarding Automation of Air Traffic Control.
19. Augustin Acedo-Rico, C. (2019). Logística del futuro: Hyperloop.
20. Harteveltdt, H. H. (2016). The Future of Airline Distribution 2016-2021. *Prepared by Atmosphere Research Group for the International Air Transport Association.*

“Blockchain” AND “Aviation” OR “Airports”

21. Wickboldt, C., & Kliewer, N. (2019). Blockchain for workshop event certificates— a proof of concept in the aviation industry.
22. Revin, V., & Shevcheko, Y. (2019). The opportunities and challenges of implementation of blockchain in aviation industry. *Молодой ученый*, (4 (2)), 206-209.
23. Mansfield-Devine, S. (2017). Beyond Bitcoin: using blockchain technology to provide assurance in the commercial world. *Computer Fraud & Security*, 2017(5), 14-18.
24. Santonino III, M. D., Koursaris, C. M., & Williams, M. J. (2018). Modernizing the supply chain of airbus by integrating RFID and blockchain processes. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 5(4), 4.
25. Rawat, D. B., Chaudhary, V., & Doku, R. (2019). Blockchain: Emerging Applications and Use Cases. *arXiv preprint arXiv:1904.12247*.
26. Kar, S., Kasimsetty, V., Barlow, S., & Rao, S. (2019). *Risk analysis of blockchain application for aerospace records management* (No. 2019-01-1344). SAE Technical Paper.
27. Gurtu, A., & Johny, J. (2019). Potential of blockchain technology in supply chain management: a literature review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
28. Jugl, J., & Linden, E. (2019). The Impact of Blockchain on the Aviation System.
29. Verma, M. (2018). Application of hybrid blockchain and cryptocurrency in aviation.

30. Reisman, R. J. (2019). Air traffic management blockchain infrastructure for security, authentication, and privacy.
31. Schyga, J., Hinckeldeyn, J., & Kreutzfeldt, J. (2019, September). Prototype for a permissioned blockchain in aircraft MRO. In *Hamburg International Conference of Logistics (HICL) 2019* (pp. 469-505). epubli GmbH.
32. Wang, Y., Cong, L., Fang, Y., Deng, J., & Chen, Y. (2019, June). Research on Missile Data Security Based on Blockchain. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1237, No. 2, p. 022139). IOP Publishing.
33. Reisman, R. (2019). Blockchain serverless public/private key infrastructure for ADS-B security, authentication, and privacy. In *AIAA Scitech 2019 Forum* (p. 2203).
34. Wang, C., & Li, B. (2019, October). Research on Traceability Model of Aircraft Equipment Based on Blockchain Technology. In *2019 IEEE 1st International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT)* (pp. 88-94). IEEE.
35. Treiblmaier, H., & Önder, I. (2019). The impact of blockchain on the tourism industry: a theory-based research framework. In *Business Transformation through Blockchain* (pp. 3-21). Palgrave Macmillan, Cham.
36. Rencher, R. J. (2019). *Progressive Disintermediation of the Commercial Aviation Industry Ecosystem* (No. 2019-01-1330). SAE Technical Paper.
37. Arora, A., & Yadav, S. K. (2019). Batman: Blockchain-based aircraft transmission mobile ad hoc network. In *Proceedings of 2nd International Conference on Communication, Computing and Networking* (pp. 233-240). Springer, Singapore.
38. Rajkov, D. (2018). Blockchain for aircraft spare part management: Evaluating the robustness of the Maintenance, Repair and Overhaul business model.
39. Macedo, G. S. (2019). A regulação sobre os treinamentos na aviação civil: assimetria de informação e o uso de blockchain como alternativa para os registros educacionais.
40. Aleshi, A. (2018). Secure Aircraft Maintenance Records Using Blockchain (SAMR).

41. Ludeiro, A. R. (2018, June). Blockchain technology for luggage tracking. In *International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence* (pp. 451-456). Springer, Cham.
42. Siewert, S. (2018). Why software engineers and developers should care about blockchain technology. *white paper, April*.

“Blockchain” AND “Aviation” OR “Airplanes”

43. Revin, V., & Shevcheko, Y. (2019). The opportunities and challenges of implementation of blockchain in aviation industry. *Молодий вчений*, (4 (2)), 206-209.
44. Aleshi, A., Seker, R., & Babiceanu, R. F. (2019, November). Blockchain Model for Enhancing Aircraft Maintenance Records Security. In 2019 IEEE International Symposium on Technologies for Homeland Security (HST) (pp. 1-7). IEEE.
45. SANTONINO III, M. D., Koursaris, C. M., & Williams, M. J. (2018). Modernizing the supply chain of airbus by integrating RFID and blockchain processes. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 5(4), 4.
46. Kar, S., Kasimsetty, V., Barlow, S., & Rao, S. (2019). *Risk analysis of blockchain application for aerospace records management* (No. 2019-01-1344). SAE Technical Paper.
47. Мосиенко, С. А. (2018). Blockchain technology for through-life asset management in the aviation/space/automobile industry. *Молодой ученый*, (24), 63-66.
48. Verma, M. (2018). Application of hybrid blockchain and cryptocurrency in aviation.
49. Schyga, J., Hinckeldeyn, J., & Kreutzfeldt, J. (2019, September). Prototype for a permissioned blockchain in aircraft MRO. In *Hamburg International Conference of Logistics (HICL) 2019* (pp. 469-505). epubli GmbH.

50. Wang, C., & Li, B. (2019, October). Research on Traceability Model of Aircraft Equipment Based on Blockchain Technology. In *2019 IEEE 1st International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT)* (pp. 88-94). IEEE.
51. Treiblmaier, H., & Önder, I. (2019). The impact of blockchain on the tourism industry: a theory-based research framework. In *Business Transformation through Blockchain* (pp. 3-21). Palgrave Macmillan, Cham.

“Blockchain” AND “Aviation sector” OR “Aviation Industry”

52. Revin, V., & Shevcheko, Y. (2019). The opportunities and challenges of implementation of blockchain in aviation industry. *Молодой ученый*, (4 (2)), 206-209.
53. Jugl, J., & Linden, E. (2019). The Impact of Blockchain on the Aviation System.
54. Madhwal, Y., & Panfilov, P. B. (2017). Industrial case: Blockchain on aircraft's parts supply chain management. In *American Conference on Information Systems 2017 Workshop on Smart Manufacturing Proceedings* (Vol. 6).
55. Wang, C., & Li, B. (2019, October). Research on Traceability Model of Aircraft Equipment Based on Blockchain Technology. In *2019 IEEE 1st International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT)* (pp. 88-94). IEEE.
56. Aleshi, A. (2018). Secure Aircraft Maintenance Records Using Blockchain (SAMR).
57. Tochen, D. (2019). Block chain technology: a solution in search of a problem-or a revolution?. *The Brief*, 49(1), 50-56.
58. Wickboldt, C., & Kliewer, N. (2018). Blockchain zur dezentralen Dokumentation von Werkstattereignissen in der Luftfahrtindustrie. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 55(6), 1297-1310.
59. Korchagin, A., Deniskina, A., & Fateeva, I. (2019). Lean and energy efficient production based on internet of things (IOT) in aviation industry. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 110, p. 02124). EDP Sciences.

60. Chang, S., Wang, Z., Wang, Y., Tang, J., & Jiang, X. (2019, August). Enabling Technologies and Platforms to Aid Digitalization of Commercial Aviation Support, Maintenance and Health Management. In *2019 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE)* (pp. 926-932). IEEE.
61. підхід у Концепції, Ц. (2019). Фізико-математичні науки. *Young*, 68(4).
62. Jong-gyu Han. (2019). Blockchain application and legal issues in the field of air transportation. *Korean Aerospace Policy and Journal of Law*, 34(2), 139-176

“Blockchain” AND “Aviation sector” AND “Aviation Industry”

63. Udokwu, C. J., Norta, A., & Matulevicius, R. (2017). Analysis of digital security threats in aviation sector. *Master's Thesis, Tallinn university of technology*.
64. Lohmann, G., & Pereira, B. A. (2019). Air transport innovations: a perspective article. *Tourism Review*.
65. Bliss, A. D. T. (2019). ICAO's Strength: Reinventing Itself to Address the Challenges Facing International Aviation. *The Air and Space Lawyer*, 32(4), 3-14.
66. Sekhri, P. (2018). *Harvesting the plastic we have sowed: costs and challenges in, and a novel application of blockchain for implementing extended producer responsibility in Chile* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
67. Aboti, C. D. (2019). Survey on IoT: Challenges and cyber risks in commercial aviation.
68. Akar, I. N., & Yaqoobi, M. H. Smart Airport: How Iot And New Technologies Shaping The Future Of Airport Industry.
69. Robinson, J. (2017). Passenger terminal development in the digital age. *Journal of Airport Management*, 11(4), 355-368.
70. Matulevičius, R., Norta, A., Udokwu, C., & Nõukas, R. (2017). Assessment of Aviation Security Risk Management for Airline Turnaround Processes. In *Transactions on*

Large-Scale Data-and Knowledge-Centered Systems XXXVI (pp. 109-141). Springer, Berlin, Heidelberg.

71. Fujisawa, T., Wada, J., & LoCastro, M. (2019). 2018 Progress Survey Report of Infrastructure Projects in the Comprehensive Asian Development Plan 2.0.
72. Taneja, N. K. (2017). *21st Century Airlines: Connecting the Dots*. Routledge.
73. Fey, M. (2017). *3D printing and international security: risks and challenges of an emerging technology* (Vol. 144, p. 41). DEU.

PESQUISA LIVRE

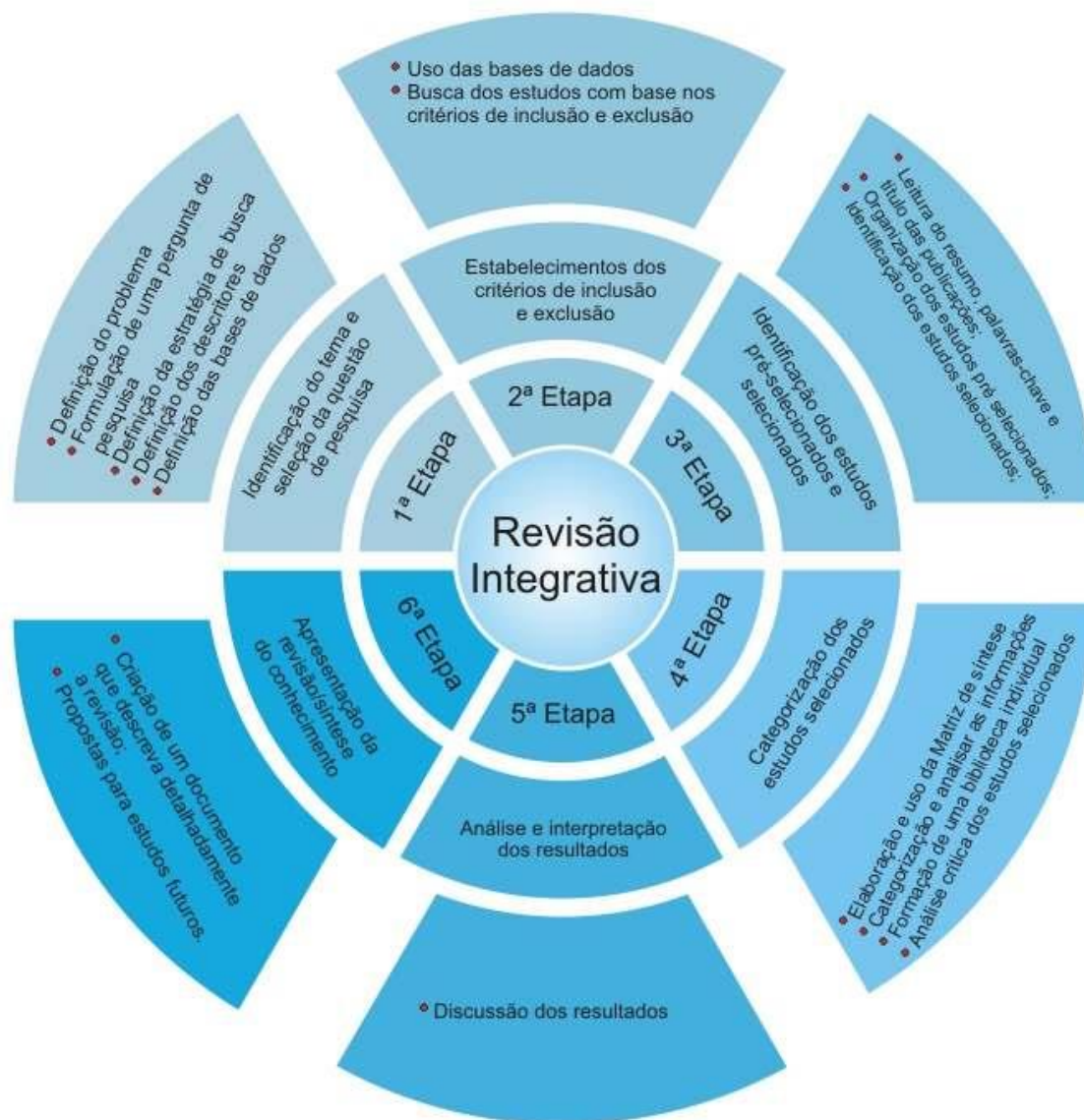
1. Macedo, G. S. (2019). A regulação sobre os treinamentos na aviação civil: assimetria de informação e o uso de blockchain como alternativa para os registros educacionais.
2. Pour, F. S. A., Tatar, U., & Gheorghe, A. (2018, April). Agent-based model of sand supply governance employing blockchain technology. In *Proceedings of the Annual Simulation Symposium* (pp. 1-11).
3. Nordrum, A. (2017). Govern by blockchain dubai wants one platform to rule them all, while Illinois will try anything. *IEEE Spectrum*, 54(10), 54-55.
4. Ludeiro, A. R. (2018). Blockchain Technology for Luggage Tracking. In *International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence* (pp. 451–456).
5. Svec, J. (2014). METHODS AND APPARATUS FOR LUGGAGE TRACKING AND IDENTIFICATION USING RFID TECHNOLOGY.
6. Schmelz, D., Pinter, K., Strobl, S., Zhu, L., Niemeier, P., & Grechenig, T. (2019). Technical Mechanics of a Trans-Border Waste Flow Tracking Solution Based on Blockchain Technology. In *2019 IEEE 35th International Conference on Data Engineering Workshops (ICDEW)* (pp. 31–36).

7. A, N. I., & Paul, E. (2018). Tracking code generation, application, and verification using blockchain technology.
8. Du, M. J. (2019). Study for the Intelligent Luggage Tracking System Based on Near Field Bluetooth Technology. In 2019 6th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI) (pp. 660–664).
9. Haibi, A., Oufaska, K., & Yassini, K. E. (2018). Tracking Luggage System in Aerial Transport via RFID Technology. The Proceedings of the Third International Conference on Smart City Applications, 295–306.
10. Di Vaio, A., & Varriale, L. (2020). Blockchain technology in supply chain management for sustainable performance: Evidence from the airport industry. *International Journal of Information Management*, 52, 102014.
11. Wickboldt, C. (2019). Decision Analytics and Decentralized Ledger Technologies for Determination and Preservation of Spare Part Value in Aircraft Maintenance (Doctoral dissertation).
12. Wang, Y., Han, J. H., & Beynon-Davies, P. (2019). Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda. *Supply Chain Management: An International Journal*.
13. D'Angelo, G., Ferretti, S., & Marzolla, M. (2018, June). A blockchain-based flight data recorder for cloud accountability. In *Proceedings of the 1st Workshop on Cryptocurrencies and Blockchains for Distributed Systems* (pp. 93-98).
14. Clementi, M. D., Larrieu, N., Lochin, E., Kaafar, M. A., & Asghar, H. (2019, September). When Air Traffic Management Meets Blockchain Technology: a Blockchain-based concept for securing the sharing of Flight Data. In 2019 IEEE/AIAA 38th Digital Avionics Systems Conference (DASC) (pp. 1-10). IEEE.
15. Dehez-Clementi, M., Larrieu, N., Lochin, E., Kaafar, M. A., & Asghar, H. (2019). When air traffic management meets blockchain technology: a blockchain-based concept for securing the sharing of flight data.

16. Li, S., Yang, Y., Yang, L., Su, H., Zhang, G., & Wang, J. (2017). Civil aircraft big data platform. In 2017 IEEE 11th International Conference on Semantic Computing (ICSC) (pp. 328-333). IEEE.
17. Li, S., Yang, Y., Yang, L., Su, H., Zhang, G., & Wang, J. (2017). Civil aircraft big data platform. In 2017 IEEE 11th International Conference on Semantic Computing (ICSC) (pp. 328-333). IEEE.
18. Duong, T., Todi, K. K., Chaudhary, U., & Truong, H. L. (2019, July). Decentralizing Air Traffic Flow Management with Blockchain-based Reinforcement Learning. In *2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)* (Vol. 1, pp. 1795-1800). IEEE.
19. Raju, R., Mital, R., & Mital, R. (2019, September). Using Distributed Ledger Technology to Mitigate Challenges with Flight Information Exchange. In 2019 IEEE/AIAA 38th Digital Avionics Systems Conference (DASC) (pp. 1-9). IEEE.
20. Alladi, T., Chamola, V., Sahu, N., & Guizani, M. (2020). Applications of blockchain in unmanned aerial vehicles: A review. *Vehicular Communications*, 100249.
21. Biliri, E., Pertselakis, M., Phinikettos, M., Zacharias, M., Lampathaki, F., & Alexandrou, D. (2019, September). Designing a Trusted Data Brokerage Framework in the Aviation Domain. In *Working Conference on Virtual Enterprises* (pp. 234-241). Springer, Cham.
22. Farrell, S. (2019). Biometrics in air transport: no flight of fancy. *Biometric Technology Today*, 2019(1), 5-7.
23. Zakir, Y., Hasan, K. S., Wiggins, N. S., & Chatterjee, A. (2019, October). Improving Data Security in Message Communication between ACT and Aircraft using Private Blockchain. In *2019 Sixth International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS)* (pp. 506-513). IEEE.
24. Chao, H., Maheshwari, A., Sudarsanan, V., Tamaskar, S., & DeLaurentis, D. A. (2018). Uav traffic information exchange network. In *2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference* (p. 3347).

25. del Rincon, S. M. L., & Mlot, E. D. G. (2019). Blockchain and radio communications over suborbital spaceflights: Watchtowers and Mystics. *arXiv preprint arXiv:1910.04835*.
26. Yu, Y., Barthaud, D., Price, B. A., Bandara, A. K., Zisman, A., & Nuseibeh, B. (2019). LiveBox: A Self-Adaptive Forensic-Ready Service for Drones. *IEEE Access*, 7, 148401-148412.
27. Xu, B., Agbele, T., & Jiang, R. (2019, October). Biometric blockchain: A better solution for the security and trust of food logistics. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 646, No. 1, p. 012009). IOP Publishing.
28. Abeyratne, R. (2020). Blockchain and Aviation. In *Aviation in the Digital Age* (pp. 109-120). Springer, Cham.
29. Bauer, P., Hiba, A., Daróczy, B. Z., Melczer, M. T., & Vanek, B. (2017). Real flight demonstration of monocular image-based aircraft sense and avoid. *ERCIM NEWS*, (110), 42-43.
30. Xu, B., Agbele, T., & Jiang, R. (2019). Biometric Blockchain: A Better Solution for the Security and Trust of Food Logistics. *arXiv preprint arXiv:1907.10589*.
31. Swati, V., & Prasad, A. S. (2018, December). Application of Blockchain Technology in Travel Industry. In *2018 International Conference on Circuits and Systems in Digital Enterprise Technology (ICCSDET)* (pp. 1-5). IEEE.
32. Revin, V., & Shevcheko, Y. (2019). The opportunities and challenges of implementation of blockchain in aviation industry. *Молодий вчений*, (4 (2)), 206-209.

ANEXO II – ILUSTRAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA ESCOLHIDA



4

4 Botelho, L. L. R., Cunha, C. C. de A., & Macedo, M. (2011). O MÉTODO DA REVISÃO INTEGRATIVA NOS ESTUDOS ORGANIZACIONAIS. *Gestão E Sociedade*, 5(11), 121-136.



5 Botelho, L. L. R., Cunha, C. C. de A., & Macedo, M. (2011). O MÉTODO DA REVISÃO INTEGRATIVA NOS ESTUDOS ORGANIZACIONAIS. *Gestão E Sociedade*, 5(11), 121-136.